



**CONTENEDOR DE AUTOMÓVILES PARA LA ESTRUCTURA DE UN  
ESTACIONAMIENTO ROTATORIO CON SISTEMA MECÁNICO.**

***Licenciatura en Ingeniería Mecánica***

***Modalidad***

*Proyecto Tecnológico*

***Alumno***

*Gerardo Rojas Rodríguez*

***Matrícula***

*209332202*

***Asesores***

*M. en C. Sergio Alejandro Villanueva Pruneda*

*Ing. Romy Pérez Moreno*

***Trimestre***

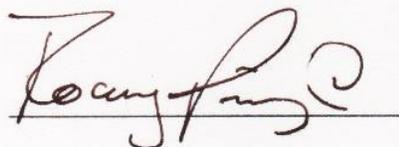
*15 I*

*México, D. F. a 22 de Abril de 2015.*

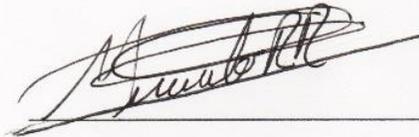
**Yo, M. en C. Sergio Alejandro Villanueva Pruneda, declaro que aprobé el contenido del presente Reporte de Proyecto de Integración y doy mi autorización para su publicación en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio Institucional de UAM Azcapotzalco.**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'S. Villanueva', is written over a horizontal line. The signature is stylized and enclosed within a large, loopy oval shape.

**Yo, Ing. Romy Pérez Moreno, declaro que aprobé el contenido del presente Reporte de Proyecto de Integración y doy mi autorización para su publicación en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio Institucional de UAM Azcapotzalco.**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Romy Pérez', written over a horizontal line.

**Yo, Gerardo Rojas Rodríguez, doy mi autorización a la Coordinación de Servicios de Información de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, para publicar el presente documento en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio Institucional de UAM Azcapotzalco.**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Gerardo Rojas Rodríguez", is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

**AUTORIZACIÓN DE INSCRIPCIÓN A PROYECTO DE INTEGRACIÓN EN INGENIERÍA MECÁNICA**

PI-A-MEC

Trimestre en que se autoriza la propuesta:

Fecha:

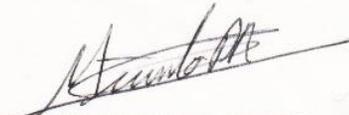
PI-A-MEC

**DATOS DEL ALUMNO**

Nombre:

Matrícula:

Correo personal:

  
Firma

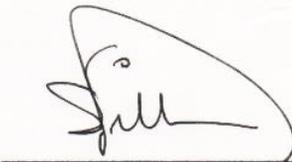
**ASESOR RESPONSABLE / DATOS DE LA EMPRESA**

Nombre del asesor/Empresa:

No. económico:  Adscripción/Departamento/Sección:

Área de investigación:

Correo institucional:

  
Firma

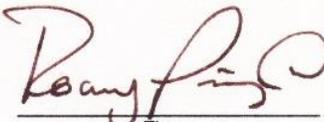
**COASESOR O ASESOR EXTERNO / JEFE O RESPONSABLE LEGAL DE LA EMPRESA**

Nombre del asesor/Jefe o Responsable legal:

No. económico/Teléfono:  Adscripción/Puesto:

Área de investigación/Departamento:

Correo electrónico:

  
Firma

**MODALIDAD DEL PROYECTO**

- Proyecto tecnológico     Proyecto de investigación     Estancia profesional     Experiencia profesional

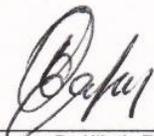
**TÍTULO DEL PROYECTO**

**OBJETIVO GENERAL**

**UNIDADES DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE QUE SE AUTORIZAN**

Clave	UEA	Se autoriza UEA	Vigencia
1100118	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I	Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/>	Del trimestre: <input type="text" value="14-0"/>
1100128	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica II	Si <input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/>	Al trimestre: <input type="text" value="15-I"/>
1100138	Introducción al Trabajo de Investigación en Ingeniería Mecánica	Si <input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/>	

Nombre y firma del Coordinador de Estudios

  
Dr. Hilario Terres Peña



## **Resumen**

*La problemática de lugares para estacionar automóviles ha aumentado considerablemente, en la actualidad se ha optado por varias alternativas: edificios para almacenamiento, rampas, cajones de estacionamiento, elevadores de automóviles, etc. Los elevadores de automóviles han dado solución a esta problemática, reduciendo el espacio necesario para almacenar un mayor número de automóviles.*

*El presente proyecto se enfoca en el diseño de una góndola o caja contenedora de automóviles que se añadirá a una estructura para elevar automóviles y almacenarlos, así también como el diseño cinemático de un mecanismo de sujeción del automóvil a la góndola. El propósito del proyecto es crear la simulación cinemática de los elementos que componen tanto a la góndola, como al mecanismo que sujetará al automóvil.*

*El contenido de este reporte se divide en 4 capítulos, en el primer capítulo se definirá el problema que se encuentra actualmente para estacionar automóviles, el segundo capítulo define dispositivos que se existen actualmente para la elevación de automóviles, en el tercer capítulo se mostrará el fundamento para el diseño de los elementos empleados para un contenedor de automóviles de tipo giratorio y por último en el cuarto capítulo se llevará a cabo el desarrollo del diseño del contenedor de automóviles.*

## Índice

<b>Capítulo 1. Definición del proyecto.</b> .....	12
1.1 Introducción.....	12
1.2 Antecedentes. ....	13
1.3 Justificación.....	15
1.4 Objetivos.....	16
1.4.1 Objetivo General .....	16
1.4.2 Objetivos Específicos .....	16
<b>Capítulo 2. Marco teórico.</b> .....	17
2.1 Historia.....	17
2.2 Elevador giratorio.....	20
2.2.1 Estructura.....	20
2.2.2 Transmisión de potencia.....	20
2.2.3 Contenedor del automóvil o Góndola.....	21
2.2.4 Dispositivo de Control .....	22
2.3 Elementos en el diseño de un contenedor de automóviles.....	22
2.3.1 Placa Base. ....	22
2.3.2 Perfiles Estructurales.....	24
2.3.3 Mecanismo de Sujeción.....	27
2.3.3.1 Trinquete.....	27
2.3.3.2 Resorte.....	28
2.3.3.3 Cable de acero.....	31
<b>Capítulo 3. Fundamentos para el diseño del contenedor de automóviles</b> .....	34
3.1 Esfuerzos en el rango elástico.....	34
3.2 Método de diseño.....	36
3.2.1 Factores de diseño.....	37
3.2.2 Esfuerzo de fluencia para esfuerzos estáticos uniaxiales en materiales dúctiles.....	38

3.2.3 Transformación de esfuerzos.....	39
3.2.4 Concentración de esfuerzos.....	42
3.3 Mecanismo de sujeción.....	44
3.3.1 Trinquete.....	44
3.3.1.1 Fuerza de Rodamiento. ....	44
3.3.1.2 Diseño estático de la rueda dentada. ....	46
3.3.1.3 Diseño de la uñeta.....	49
3.3.2 Diseño del Resorte.....	49
3.4 Tipos de uniones.....	58
3.4.1 Soldaduras.....	59
<b>Capítulo 4. Desarrollo del proyecto.....</b>	<b>71</b>
4.1 Diseño de la placa base.....	71
4.2 Diseño Perfiles tipo canal CE.....	74
4.3 Diseño de los tubos circular OC.....	77
4.4 Diseño de perfiles OR.....	80
4.5 Diseño del perfil circular OC de carga.....	83
4.6 Diseño de la rueda dentada del trinquete.....	86
4.7 Diseño del resorte para el trinquete.....	88
4.8 Diseño de elementos de unión.....	90
4.8.1 Placa de unión.....	90
4.8.2 Placa con pliegue para unión.....	94
4.8.3 Soldadura en el subconjunto placa base.....	97
4.8.4 Soldadura en elementos de unión.....	98
<b>Capítulo 5. Resultados.....</b>	<b>99</b>
5.1 Elementos comerciales seleccionados.....	99
5.1.1 Elementos considerados a esfuerzos.....	99
5.1.2 Elementos de acoplamiento.....	103
5.2 Propiedades y dimensiones de proveedores.....	106
5.3 Dibujos de definición.....	133

5.4 Simulación del funcionamiento cinemático.....	178
<b>Capítulo 6. Conclusiones</b> .....	179
<b>Referencias</b> .....	181

### **Índice de Ilustraciones**

Figura 1. Gatos Hidráulicos. [7].....	17
Figura 2. Elevadores de alineación [8]. .....	18
Figura 3. Elevador de 2 postes [8].....	18
Figura 4. Elevador de 4 postes [8].....	18
Figura 5. Elevador de estacionamiento [8]. .....	18
Figura 6. Elevador giratorio [9].....	19
Figura 7. Sistema de estacionamiento automatizado [10].....	19
Figura 8. Tipos de Vigas y Perfiles de acero [11]. .....	20
Figura 9. Elementos de Transmisión de Potencia [13].....	21
Figura 10. Motores Hidráulicos [14].....	21
Figura 11. Contenedor de automóviles [15].....	21
Figura 12. Panel de Operación [16]. .....	22
Figura 13. Geometría de los perfiles estructurales [19]. .....	25
Figura 14. Mecanismo de trinquete [20]. .....	27
Figura 15. Diversos tipos de resortes [12]. .....	30
Figura 16. Estilos de extremos para resortes helicoidales de compresión [12]. .....	31
Figura 17. Diagramas esfuerzo-deformación de materiales dúctiles típicos [23].....	34
Figura 18. Máximo valor absoluto de esfuerzo [23]. .....	35
Figura 19. Propiedades geométricas de las áreas más comunes [12]. .....	36
Figura 20. Esfuerzo plano en un cubo. [23].....	40
Figura 21. Esfuerzo plano en un elemento estructural. [23].....	40

<i>Figura 22. Circulo de Mohr. [23]</i> .....	41
<i>Figura 23. Elemento sometido a carga axial. [24]</i> .....	42
<i>Figura 24. Factor de concentración de esfuerzos K. [24]</i> .....	43
<i>Figura 25. DCL de una rueda con resistencia a rodamiento. [25]</i> .....	45
<i>Figura 26. Engrane interno impulsado por un piñón externo. [12]</i> .....	46
<i>Figura 27. Rueda de dentado interior para trinquete.</i> .....	47
<i>Figura 28. Notación de diámetros. [12]</i> .....	50
<i>Figura 29. Notación de longitudes y fuerzas. [12]</i> .....	51
<i>Figura 30. Esfuerzos cortantes para alambre de acero ASTM A227. [12]</i> .....	55
<i>Figura 31. Factor de Wahl para resortes redondos. [12]</i> .....	57
<i>Figura 32. Tipos de soldadura. [27]</i> .....	59
<i>Figura 33. Soldaduras a tope. [27]</i> .....	59
<i>Figura 34. Soldaduras en ángulo. [27]</i> .....	60
<i>Figura 35. Parámetros para soldaduras. [27]</i> .....	61
<i>Figura 36. Componentes de esfuerzos en un cordón de soldadura. [27]</i> .....	64
<i>Figura 37. Esfuerzos de corte en uniones con tornillos. [27]</i> .....	65
<i>Figura 38. Diferentes diámetros de un tornillo. [27]</i> .....	67
<i>Figura 39. Requisitos de espaciado en tornillos. [27]</i> .....	70
<i>Figura 40. Vista superior y lateral izquierda de la placa base.</i> .....	71
<i>Figura 41. Vista superior y lateral izquierda de la placa base.</i> .....	72
<i>Figura 42. Diagrama de fuerzas, cortante y momento de la placa base.</i> .....	73
<i>Figura 43. Vista inferior y lateral izquierda del canal C.</i> .....	75
<i>Figura 44. Diagrama de fuerzas, cortante y momento del canal C.</i> .....	76
<i>Figura 45. Diseño del tubo circular OC.</i> .....	77
<i>Figura 46. Componente de la fuerza sobre la cara del punto crítico.</i> .....	78
<i>Figura 47. Sistema de par de fuerzas sobre la sección transversal.</i> .....	79
<i>Figura 48. Perfil tubular OR</i> .....	81

<i>Figura 49. Diagrama de fuerzas, cortante y momento en el perfil OR.</i> .....	82
<i>Figura 50. Sección transversal perfil OR.</i> .....	82
<i>Figura 51. Vista lateral y frontal del perfil OC de carga.</i> .....	84
<i>Figura 52. Diagramas de fuerza, cortante y momento del perfil OC de carga.</i> .....	85
<i>Figura 53. Rueda de dentado interior de Trinquete.</i> .....	86
<i>Figura 54. Esfuerzos en resortes de acero ASTM A227.</i> .....	90
<i>Figura 55. Elemento de unión.</i> .....	91
<i>Figura 56. Área transversal crítica del elemento de unión.</i> .....	92
<i>Figura 57. Vistas estándar de la placa con pliegue.</i> .....	94
<i>Figura 58. Sección transversal crítica de la placa.</i> .....	95
<i>Figura 59. Subconjunto placa base.</i> .....	97

### **Índice de Tablas**

<i>Tabla 1. Aceros Bajo, Medio y Alto Carbono (aceros SAE) [17].</i> .....	23
<i>Tabla 2. Aceros Estructurales de Baja, Media y Alta Resistencia [17].</i> .....	23
<i>Tabla 3. Aceros para Recipientes a Presión [17].</i> .....	24
<i>Tabla 4. Tipos de resortes [12].</i> .....	29
<i>Tabla 5. Tipos de Configuraciones de cables de acero [22].</i> .....	32
<i>Tabla 6. Valores comunes para <math>\mu_r</math>. [25].</i> .....	46
<i>Tabla 7. Materiales para resortes. [12].</i> .....	54
<i>Tabla 8. Módulos G y E en distintos materiales para resortes. [12].</i> .....	58
<i>Tabla 9. Valores límite de la garganta de una soldadura en ángulo. [27]</i> .....	61
<i>Tabla 10. Nomenclatura para electrodos para soldar.</i> .....	63
<i>Tabla 11. Esfuerzos permisibles de clases de tornillos. [27]</i> .....	66
<i>Tabla 12. Áreas para tornillos métricos comerciales. [27].</i> .....	67
<i>Tabla 13. Pesos de los elementos contenidos en la góndola.</i> .....	83

## **Capítulo 1. Definición del proyecto.**

### *1.1 Introducción.*

*En la actualidad, el aumento de la población ha ocasionado en gran medida la producción de un indeterminado número de objetos utilizados por las personas, la producción excesiva de automóviles ha causado la falta de espacio para estacionarlos en cualquier sitio. El interés de este proyecto de tipo tecnológico recae en la búsqueda de una solución al problema mencionado, proponiendo el diseño de un sistema mecánico que pueda almacenar, desplazar e inclusive controlar de manera organizada una cantidad considerable de automóviles en un espacio reducido.*

*Los sistemas conocidos en la actualidad para estacionar automóviles van desde el estacionamiento en la calle, que es el método más común y más aceptado para satisfacer las necesidades de estacionamiento con facilidad, edificios de varios pisos para almacenar automóviles, elevadores de 2 postes, elevadores de 4 postes, rampas tipo tijera, estacionamientos mecánicos e inclusive plataformas. Como es evidente la necesidad de búsqueda para optimizar el espacio utilizado para estacionar automóviles es amplia.*

*Existe una gran variedad en cuanto a la clasificación de estacionamientos mecánicos y han sido utilizados con mayor frecuencia por la gran ventaja que presentan que es la reducción de espacio al almacenar vehículos, por ejemplo, en el espacio que ocuparían 4 automóviles estacionados consecutivamente, se podrían almacenar de 16 a 20 automóviles. Existen estacionamientos mecánicos que van desde simples elevadores para 2 automóviles hasta plataformas en las que de manera robotizada se almacenan en un edificio decenas de autos. El tipo de estacionamiento de interés en*

*este proyecto es aquél que funciona como elevador rotatorio y puede desplazar y almacenar con facilidad los vehículos, el funcionamiento de este será proporcionado por un mecanismo que hace rotar una serie de contenedores o góndolas, las cuales transportarán a los vehículos para su estacionamiento, la forma de esta estructura permitirá un movimiento rotacional de manera horizontal.*

*El alcance a que se pretende llegar con este proyecto tecnológico abarca el diseño del mecanismo del contenedor de automóviles, la sujeción del automóvil dentro del mismo contenedor y la simulación del movimiento del contenedor, proporcionado por un mecanismo y transmisión impulsora que estará en la estructura del estacionamiento rotatorio.*

## *1.2 Antecedentes.*

*Los expositores Hai Ying Li, Hua liang Wu, Xiao Hong Chen, Sheng Jian Xie [1]; presentaron "El análisis dinámico de estructuras de acero de pequeña capacidad y un sistema de estacionamiento mecánico económico", que mediante el uso de software de elementos finitos se establece el modelo que consiste en el análisis de estructuras de acero, proporcionando el análisis modal de la estructura, tanto en los casos de funcionamiento sin-carga y carga completa por medio de una base teórica para el diseño de estructuras de acero para un sistema mecánico de estacionamiento.*

*En la tesis para el grado de Arquitecto presentada por Aneirin Kirkup Smith [2]; "Vehículos urbanos: Estrategias para el estacionamiento al aire libre", publicada en 2002, se centra en la forma en que se ocupa el espacio libre, situación en Toronto, Ontario, sin embargo este entorno se presenta en todas las ciudades de América del Norte. Hay una enorme oportunidad para redefinir los posibles usos públicos para*

*estacionamiento. Se muestra una amplia variedad de situaciones urbanas: en los espacios entre los edificios, ocupando manzanas enteras, y ubicada en espacios marginales. Se comienza con una descripción que incluye elementos de diseño y un conjunto de principios que podrían ser adaptados a cada sitio. Si bien esta tesis reconoce la dependencia contemporánea en el automóvil, las intervenciones arquitectónicas en diversas escalas permitirían un mayor uso de estos espacios con un propósito único.*

*Una publicación hecha por EL-Sayed S. Aziz and C. Chassapis [3]; "Una toma de decisiones para el diseño y la fabricación del desarrollo del sistema de transmisión mecánica", describe el enfoque hacia el desarrollo de entornos de apoyos de diseños inteligentes para sistemas de transmisión mecánica. Este incorpora las distintas tareas del proceso de diseño con módulos que abordan: la evaluación del desempeño, optimización de procesos, análisis de capacidad de fabricación, y proporciona capacidades de razonamiento y toma de decisiones para reducir el tiempo entre la creación del diente de un engranaje, el diseño detallado y la producción final. Esta metodología es muy deseable, pues es capaz de simular las condiciones reales de trabajo, evaluar y optimizar el diseño efectivamente, evitar que los diseñadores repitan el proceso y consuman mucho tiempo y reducir largas y costosas fases de prueba.*

*La tesis por Mishra, Anil Kumar [4], presentada al Departamento de Ingeniería Mecánica y Aeroespacial realiza un análisis de tiempo para el estacionamiento y el proceso de recuperación dentro de un sistema de aparcamiento automático (APS) El análisis del tiempo se ha hecho para comprobar el rendimiento de diferentes configuraciones de APS, que se basa en las combinaciones variables de lugares de aparcamiento del sistema y sus entradas y salidas. Basándose en los resultados obtenidos, se han hecho observaciones acerca de la relación entre el número de plazas*

*de aparcamiento en un APS y el número correspondiente de entradas / salidas requeridas para llevar a cabo el proceso de estacionamiento.*

*La tesis por Alain Novoa Domínguez y Francisco Javier Quijada Camacho [5], "Propuesta de multi-estacionamientos privados equipados con sistema automático de elevación para automóviles", enfocado a unidades habitacionales, pretende actuar frente a una problemática mundial: la falta de espacio para estacionarse en las grandes ciudades, mediante una propuesta de un sistema automático para elevar automóviles hasta un garaje privado ubicado a tan solo un par de metros de cada uno de los departamentos con la construcción de una estructura modular automática.*

### *1.3 Justificación.*

*El presente proyecto de carácter tecnológico tiene varios propósitos, uno de ellos es por necesidad profesional, ya que con él se cumplirá con uno de los requisitos para obtener el Título de Ingeniero Mecánico en parte a la distribución de créditos del plan de estudios, un segundo criterio a considerar es plasmar los conocimientos básicos de un ingeniero, los cuales abarcan primordialmente identificar y resolver problemas en nuestro campo profesional al analizar los aspectos técnicos, económicos y sociales del entorno actual, aplicando las técnicas de diseño a la manufactura de bienes y prestación de servicios.*

*Finalmente, se genera una propuesta para satisfacer la necesidad de falta de estacionamiento en las ciudades, con ésta se cubre un tipo de aprovechamiento de manera horizontal que puede optimizar el espacio de aparcamiento.*

## *1.4 Objetivos.*

### *1.4.1 Objetivo General*

*Diseñar el mecanismo de una caja contenedora (góndola) y simular mediante software el movimiento para estacionar automóviles con dimensiones no mayores a 4.9 x 2.0 x 1.7 m y así aprovechar espacios reducidos.*

### *1.4.2 Objetivos Específicos*

*Diseñar la caja contenedora que permita el desplazamiento de automóviles con dimensiones no mayores a 4.9 x 2.0 x 1.7 m en la estructura.*

*Diseñar el dispositivo de sujeción del automóvil a la caja contenedora para evitar el movimiento del mismo.*

## **Capítulo 2. Marco teórico.**

### *2.1 Historia.*

*En la actualidad los elevadores de automóviles son más recurrentes, la escasez de lugares para estacionar automóviles ha aumentado debido a que la industria automotriz de México está en continuo crecimiento. En 2011, La industria automotriz de México mostró claras señales de recuperación; la producción de vehículos ligeros alcanzó un nuevo record histórico con 2.55 millones de vehículos producidos.*

*A nivel global, México está posicionado como el octavo productor de vehículos ligeros. En dos años, México escaló dos posiciones, dejando atrás a la producción de Francia y España.*

*Actualmente, el sector automotriz representa el 4% del PIB nacional y el 20% de la producción de manufactura. Se estima que la industria automotriz Mexicana continuará creciendo en el futuro. Los pronósticos indican que la producción alcanzará 3.7 millones de unidades en 2015. [6]*

*Como se ha mencionado antes, existe una variedad de elementos y mecanismos para elevar automóviles, como lo son los gatos hidráulicos (de patín, tijera, botella) los cuales su función es levantar al automóvil algunos centímetros para una reparación mecánica sencilla.*



*Figura 1. Gatos Hidráulicos. [7]*

*Existen también, elevadores de alineación y elevadores de 2 postes, los cuales podemos encontrar en talleres mecánicos donde se hará una reparación más detallada hacia al automóvil.*



Figura 2. Elevadores de alineación [8].



Figura 3. Elevador de 2 postes [8].

Para la elevación de autos con el propósito de estacionamiento, existen varios mecanismos los cuales son prácticos y reducen el espacio utilizado, estos son elevadores de 4 postes, elevadores de estacionamiento, elevadores giratorios y sistemas de estacionamiento automatizados, por mencionar algunos. [8]



Figura 4. Elevador de 4 postes [8].



Figura 5. Elevador de estacionamiento [8].



*Figura 6. Elevador giratorio [9].*



*Figura 7. Sistema de estacionamiento automatizado [10].*

*El presente trabajo se enfoca en los elevadores giratorios, los cuales comúnmente se mueven de manera vertical, como lo muestra la Figura 6, sin embargo puede haber un cúmulo de configuraciones para el movimiento de este tipo de elevadores.*

## 2.2 Elevador giratorio.

### 2.2.1 Estructura.

La estructura del elevador giratorio es aquella base rígida o armazón resistente formado de elementos estructurales como vigas, columnas, perfiles, losas, zapatas de cimentación y otros, que darán soporte a las cargas que se presenten en varios puntos del elemento, en este caso particular la mayor parte de estas cargas serán debidas al peso de los automóviles, pero también a los componentes que formen al contenedor del automóvil y los elementos de transmisión de potencia.

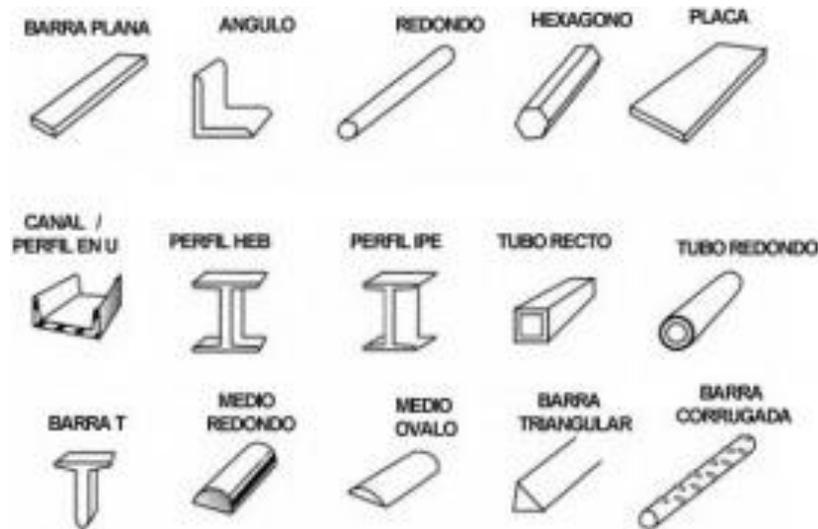


Figura 8. Tipos de Vigas y Perfiles de acero [11].

### 2.2.2 Transmisión de potencia

Serán aquellos elementos que se emplean para dar movimiento a los cuerpos sólidos, a los automóviles y contenedores de los mismos. Esta transmisión se realiza a través de elementos rotantes, ya que la transmisión de energía por rotación ocupa mucho menos espacio que la de traslación. La potencia se genera de una fuente giratoria, debido a la gran carga que moverá es ideal emplear motores hidráulicos, bombas hidráulicas y motores eléctricos. En el caso general de una transmisión, esta causará

un cambio en la velocidad de rotación en los ejes que la forman, para que el eje de salida trabaje con más lentitud o mayor rapidez que el eje de entrada. Cuando existe una reducción de velocidad, habrá un incremento correspondiente en el par torsional transmitido, esto provocará desplazar a los automóviles desde el reposo. Los elementos que se utilizan son engranajes, correas de transmisión (cadenas y bandas), ejes, rodamientos, etc. [12]



Figura 9. Elementos de Transmisión de Potencia [13]



Figura 10. Motores Hidráulicos [14]

### 2.2.3 Contenedor del automóvil o Góndola

Estará conformado por elementos estructurales como vigas, perfiles estructurales, placas de acero, de acuerdo a las especificaciones en que se delimite al automóvil. Dentro del contenedor se tendrá un mecanismo de sujeción para el automóvil hacia el contenedor y poder evitar cualquier tipo de movimiento lineal del auto dentro de la góndola.



Figura 11. Contenedor de automóviles [15].

#### 2.2.4 Dispositivo de Control

Es un dispositivo electrónico el cual desplaza al automóvil solicitado según su posición. En el panel de control se ubica el display, teclado numérico, botón inicio y paro de emergencia, así como el control de la dirección de movimiento.



Figura 12. Panel de Operación [16].

### 2.3 Elementos en el diseño de un contenedor de automóviles.

#### 2.3.1 Placa Base.

Por medio de placas de acero, se crea una estructura capaz de soportar la carga del automóvil. De acuerdo al Manual de Especificaciones y Garantías AHMSA [17] las placas de acero son productos laminados en caliente, por lo general este proceso es utilizado dentro de la elaboración de los sucesivos grados o niveles del acero, entre ellos se pueden encontrar: acero comercial, acero para fundir, acero de gran calidad y acero tanto de mediana como de alta resistencia, de la misma manera se tiene la baja aleación.

El acero laminado en caliente es producido, calentado y presionado por medio de unos rodillos especiales industriales que tienen como objetivo manipular todo el acero siguiendo ciertos criterios y especificaciones. Esto debido a que cuando se encuentra como metal calentado es más fácil de ser transformado.

### Clasificación de los aceros.

Por su resistencia a la deformación los aceros se pueden clasificar de la siguiente forma:

- *Aceros de baja resistencia:*  
*Son todos aquellos que tienen un límite elástico de 30 ksi mínimo.*
- *Aceros de media resistencia:*  
*Son los aceros con un límite elástico de 35 ksi mínimo.*
- *Aceros de alta resistencia:*  
*Son los aceros con un límite elástico de 45 ksi mínimo.*

Tabla 1. Aceros Bajo, Medio y Alto Carbono (aceros SAE) [17].

<i>Especificación</i>	<i>Descripción y uso final</i>
<i>SAE J403 1010 y 1012</i>	<i>Aceros de bajo Carbono para fabricación de perfiles, tubería soldada, etc.</i>
<i>SAE J403 1015, 1018, 1020, 1022, 1025, 1030, 1035 y 1040</i>	<i>Aceros de medio Carbono para fabricación de piezas estructurales, piezas de maquinaria y herramienta.</i>
<i>SAE J403 1045, 1050, 1055 y 1060</i>	<i>Aceros de alto Carbono en piezas de maquinaria e implementos agrícolas.</i>
<i>SAE J403 1552</i>	<i>Aceros de alto Manganeso, resistente al desgaste, para piezas templadas, cuchillas y gavilanes.</i>
<i>SAE J1268 15B21</i>	<i>Aceros al Boro, resistentes al desgaste para piezas templadas, implementos agrícolas y discos de arado. (AHM 130-B, grado interno AHMSA).</i>
<i>AHM 130-B</i>	

Tabla 2. Aceros Estructurales de Baja, Media y Alta Resistencia [17].

<i>Especificación</i>	<i>Descripción y uso final</i>
<i>LC PAILAS</i>	<i>Fabricación de pailas para galvanizado.</i>
<i>ASTM A 283 A, B y C</i>	<i>Para estructuras de uso moderado y alta soldabilidad</i>
<i>ASTM A 36</i>	<i>Media resistencia, estructural, vigas soldadas, bases de columnas</i>
<i>ABS A, B, D y E</i>	<i>Acero estructural de mediana resistencia para fabricación de barcos</i>
<i>LLOYD'S GL A, B, D y E</i>	
<i>ASTM A131 A, B, D y E</i>	
<i>DIN EN 10025 S235</i>	<i>Para estructuras de uso moderado y alta soldabilidad.</i>

<i>DIN EN 10025 S275</i>	<i>Media resistencia, estructural, vigas soldadas, bases de columnas.</i>
<i>DIN EN 10025 S355</i>	<i>Alta resistencia, vigas soldadas, partes para puentes, edificios</i>
<i>ASTM A 572 50 y 60</i>	<i>Alta resistencia, baja aleación, estructural, vigas soldadas, puentes, edificios, torres eólicas, postes tronco-cónicos.</i>
<i>ASTM A 572 65</i>	<i>Alta resistencia baja aleación, bases de postes tronco-cónicos y luminarias</i>
<i>ASTM A 656 50 y 60</i>	<i>Alta resistencia, estructuras, vigas soldadas.</i>
<i>ASTM A 656 70 y 80</i>	<i>Extra alta resistencia en estructuras donde requiere ahorro en peso.</i>
<i>ASTM A 709 50</i>	<i>Alta resistencia baja aleación para puentes.</i>
<i>JIS G3106 SM 490A</i>	<i>Alta resistencia, baja aleación con excelente soldabilidad para puentes, barcos tanque de petróleo, etc.</i>

*Tabla 3. Aceros para Recipientes a Presión [17].*

<i>Especificación</i>	<i>Descripción y uso final</i>
<i>ASTM /ASME SA 285 C</i>	<i>Recipientes estacionarios de resistencia baja e intermedia</i>
<i>ASTM /ASME SA 455</i>	<i>Recipientes estacionarios de alta resistencia</i>
<i>ASTM /ASME SA 516 60 y 70</i>	<i>Recipientes de alta resistencia para servicio de mediana y baja temperatura.</i>
<i>NMX B-475</i>	<i>Recipientes a presión (esferas).</i>
<i>ASTM /ASME SA 612</i>	
<i>AAR TC-128-B</i>	<i>Recipientes para carros tanque de ferrocarril.</i>

*Las mencionadas características y propiedades de las placas de acero, también son consideraciones empleadas para elementos que se utilizan como unión entre la placa base y soportes.*

### *2.3.2 Perfiles Estructurales*

*Dentro del contenedor del automóvil se tendrán soportes los cuales están montados en el mismo para distribuir la carga del automóvil en varios puntos, estos soportes son perfiles estructurales de diferentes geometrías. Los criterios que determinan la elección de un perfil estructural son la magnitud de las cargas que ha de soportar y la mayor o menor facilidad con que se pueda unir al resto de una estructura.*

*Los perfiles mexicanos se denominan de acuerdo con la designación del Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A.C. (IMCA) [18] en: ángulos de lados iguales*

(LI), ángulos de lados desiguales (LD), perfil C estándar (CE), perfil I estándar (IE), perfil I rectangular (IR), perfil T rectangular (TR), perfil I soldado (IS), redondo sólido liso (OS), tubo circular (OC), tubo cuadrado o rectangular (OR), perfil C formado en frío (CF), perfil Z formado en frío (ZF).

Uno de los productores de perfiles estructurales en México es AHMSA, quien especifica los perfiles estructurales básicos en su Manual de Diseño para la Construcción con Acero [19], de acuerdo a sus características geométricas, son adecuados para usos específicos.

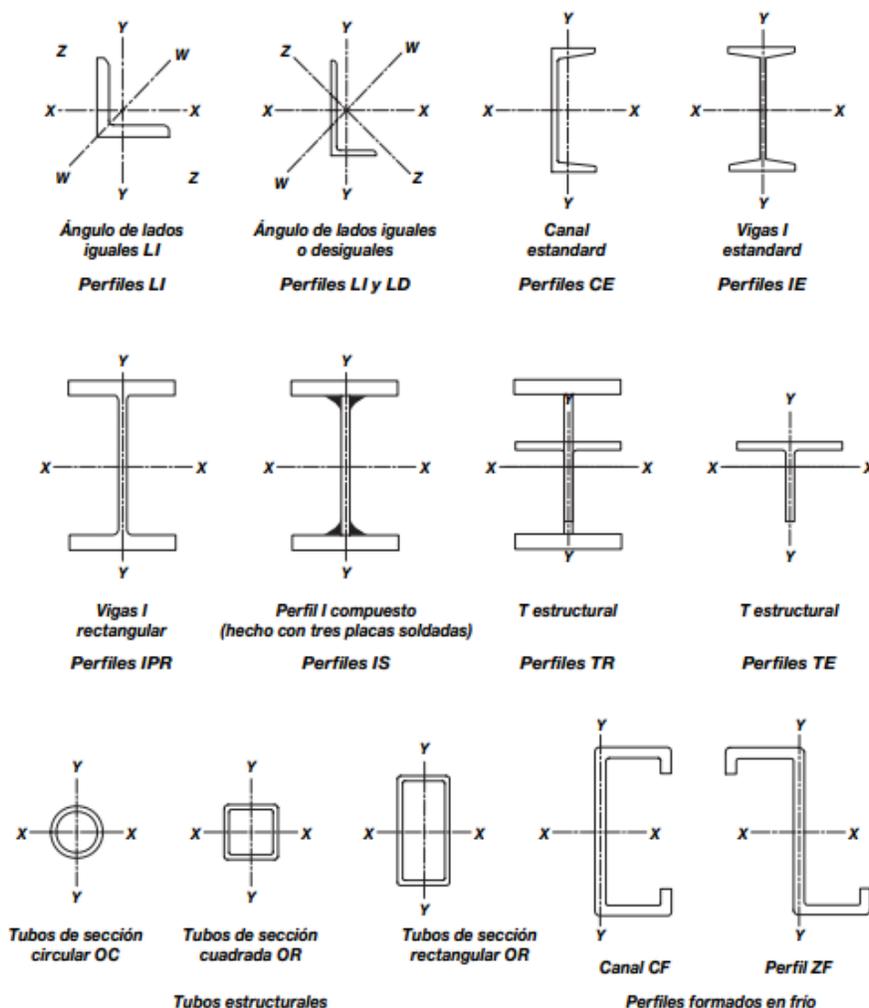


Figura 13. Geometría de los perfiles estructurales [19].

*Perfiles estructurales de interés en este proyecto:*

#### *Tubos*

*Los tubos son de sección circular, cuadrada o rectangular con dos ejes de simetría. Son muy eficientes y efectivos como elementos estructurales para soportar cualquier tipo de sollicitación debido a que el material está distribuido uniformemente en la sección. Las secciones tubulares tienen el inconveniente de que las conexiones estructurales, soldadas o atornilladas, son difíciles de realizar, gracias a los métodos de diseño modernos, en la actualidad se utilizan cada vez más, tanto en estructuras especiales, como las plataformas marinas para explotación petrolera como en otras más comunes, torres de transmisión y armaduras para cubiertas.*

*El AISC (American Institute of Steel Construction) tiene una especificación de diseño particular para este tipo de perfiles:*

*De acuerdo al Manual de Construcción en acero IMCA los tubos circulares OC varían desde un OC 21x 2.77 mm (0.84" x 0.110") hasta un OC 1 524 x 25.40 mm (60" x 1.0"). El primer número es el diámetro del tubo, y el segundo su espesor de pared.*

*Los tubos cuadrados y rectangulares tienen una rigidez elevada a la torsión, lo que los hace más resistentes al pandeo lateral por flexotorsión.*

*Los tubos cuadrados están disponibles en México desde un OR de 25 x 25 x 2.4 mm (1" x 1" x 0.095") hasta un 102 x 102 x 4.8 mm (4" x 4" x 0.188").*

*Los tubos rectangulares comprenden desde un OR 76 x 51 x 3.2 mm (3" x 2" x 0.125") hasta un OR 102 x 76 x 6.4 mm (4" x 3" x 0.25"). [18]*

#### *Canal CE*

*Se denomina así porque adopta la forma de una C mayúscula. Es una sección que tiene un solo eje de simetría (eje horizontal X-X). La pendiente de las caras interiores de los patines es la misma que la de los perfiles IE. Anteriormente se denominaba canal*

estándar. Su peralte teórico es el mismo que el nominal. La serie de perfiles CE va desde una CE 76 x 6.10 (3" de peralte y 6.10 kg/m), siendo el más ligero disponible el CE de 6.10 kg/m y la más pesada disponible la CE 305 x 44.64 (12 kg/m x 30).

Las canales eran frecuentes en estructuras remachadas; se utilizaban como largueros de techos y paredes de edificios fabriles, y para formar secciones armadas, pues sus patines facilitan la colocación de los remaches; también se usaba como columna en cajón, soldando dos canales frente a frente o en espalda. En la actualidad se utiliza principalmente en secciones armadas. Como viga es inconveniente.

También se usa como patín de las traveses, carril para grúas viajeras de poca capacidad de carga; el canal en posición horizontal incrementa la resistencia ante cargas verticales y capacita a la viga para resistir las fuerzas horizontales transversales que aparecen durante la operación de la grúa.

### 2.3.3 Mecanismo de Sujeción.

El mecanismo de sujeción estará compuesto por los elementos descritos en 2.3.3.1 a 2.3.3.3.

#### 2.3.3.1 Trinquete.

Los trinquetes se utilizan para la retención directa de la carga o como órgano de acoplamiento en los mecanismos de frenado. Este elemento tiene dos utilidades prácticas: convertir un movimiento lineal u oscilante en intermitente y limitar el giro de un eje o árbol a un solo sentido.

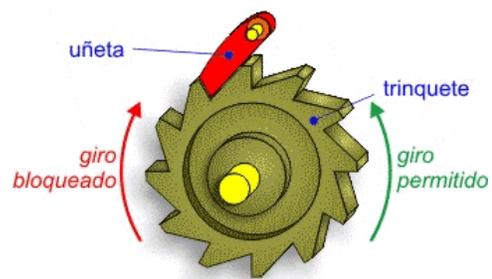


Figura 14. Mecanismo de trinquete [20].

Como convertidor de movimiento alternativo en discontinuo se encuentra en las ruedas de dientes curvos, gatos de elevación de coches, relojes, mecanismos de tracción manual.

*Como limitador del sentido de giro se emplea en frenos de mano de automóviles, rueda trasera de las bicicletas, cabrestantes de barcos, mecanismos de relojería, llaves fijas, destornilladores.*

*El trinquete es un mecanismo que deriva de la rueda dentada, pero no tiene sus mismas funciones.*

*Básicamente está formado por una rueda dentada y una uñeta que puede estar accionada por su propio peso o por un mecanismo de resorte. [21]*

- La rueda dentada posee unos dientes inclinados especialmente diseñados (denominados dientes de trinquete) para desplazar a la uñeta durante el giro permitido y engranarse con ella cuando intenta girar en el sentido no permitido.*
- La uñeta hace de freno, impidiendo el giro de la rueda dentada en el sentido no permitido.*

#### *2.3.3.2 Resorte.*

*Un resorte es un elemento flexible que ejerce una fuerza o un par torsional y al mismo tiempo almacena energía. La fuerza puede ser lineal, de empuje o de tracción, o puede ser radial. El par torsional provocado se puede usar para que cause una rotación; por ejemplo, para cerrar una puerta o una caja, o para formar una fuerza de contrapeso para un elemento de máquina que gire alrededor de una bisagra, la cual será una aproximación al funcionamiento del resorte diseñado en este proyecto. Los resortes almacenan energía cuando se flexionan y regresan la energía cuando se quita la fuerza que causó la deflexión. [12]*

*Los resortes pueden ser clasificados según la dirección y la naturaleza de la fuerza que ejercen cuando se deflexionan.*

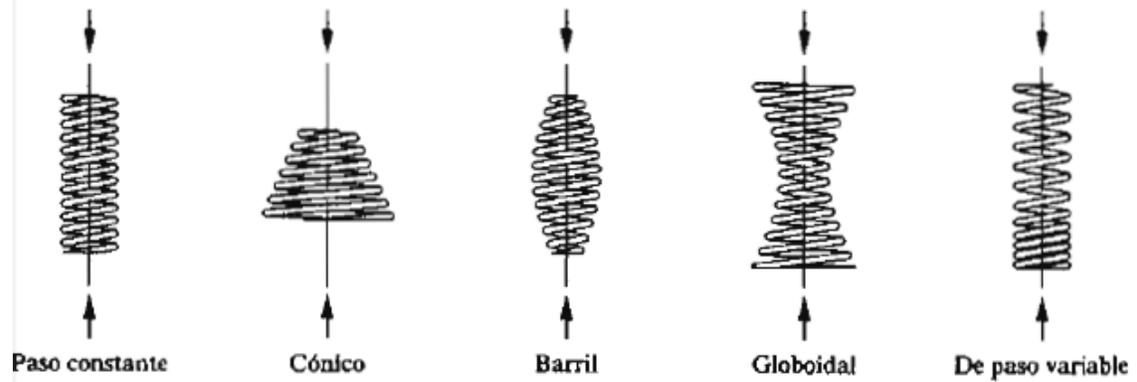
*La siguiente tabla muestra los diferentes tipos de resortes:*

Tabla 4. Tipos de resortes [12].

Usos	Tipos de resortes
Empuje	Resorte helicoidal de compresión Resorte de Belleville Resorte de torsión: la fuerza actúa en el extremo del brazo del par torsional Plano, como muelle en cantiléver o muelle de hojas
Tracción	Resorte helicoidal de extensión Resorte de torsión: la fuerza actúa en el extremo del brazo de par torsional Plano, como muelle en cantiléver o muelle de hojas Resorte de barra de tracción (caso especial del resorte de compresión) Resorte de fuerza constante
Radial	Resorte toroidal, banda de elastómero, pinzas de resorte
Torque	Resorte de torsión, resorte de potencia

El tipo de resortes que se emplearan en este proyecto son los de tipo helicoidal de compresión, los cuales se fabrican en general con alambre redondo, enrollado sobre una forma recta y cilíndrica, con un paso constante entre las espiras adyacentes. También se puede usar alambre cuadrado o rectangular. Sin una carga aplicada, la longitud del resorte es la longitud libre. Cuando se les aplica una fuerza de compresión, las espiras se comprimen más entre sí, hasta que todas están en contacto, y en ese momento la longitud es la mínima posible, por lo que se llama longitud comprimida. Se requiere una fuerza de magnitud linealmente creciente para comprimir el resorte, a medida que aumenta su deflexión. En la figura 15 a), se muestran las variaciones de resortes helicoidales de compresión.

Esta forma básica se completa con diversos estilos de extremos, como lo son los de la figura 16. Para los resortes de tamaño mediano a grande que se usan en maquinaria, el estilo con extremos escuadrados y rectificadas proporciona una superficie plana sobre la cual asentar el resorte. La espira final se aplasta contra la adyacente, y la superficie se rectifica hasta que al menos 270° de la espira externa este en contacto con la superficie del cojinete. Los resortes hechos con alambre más pequeño (menor que 0.020" o 0.50 mm, aproximadamente) solo son cuadrados, sin rectificarlos.



a) Variaciones de resortes helicoidales de compresión

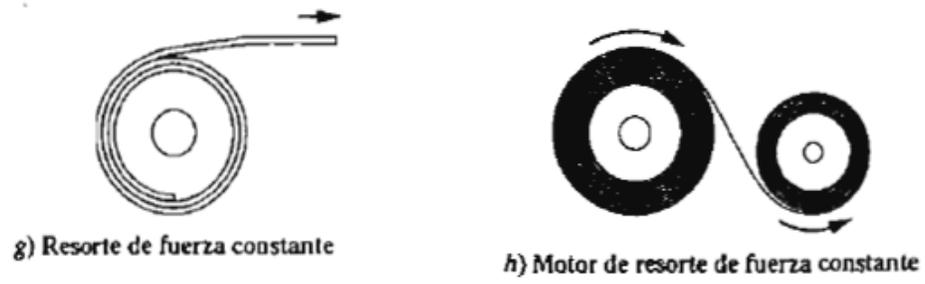
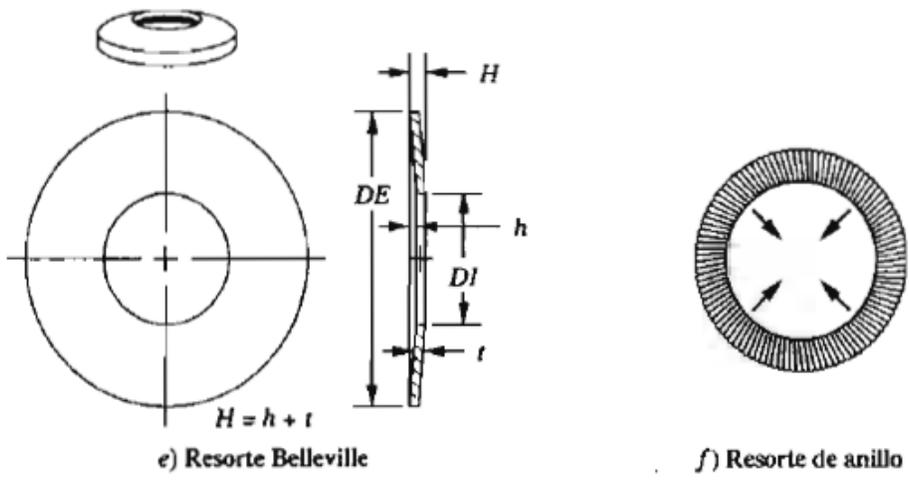


Figura 15. Diversos tipos de resortes [12].

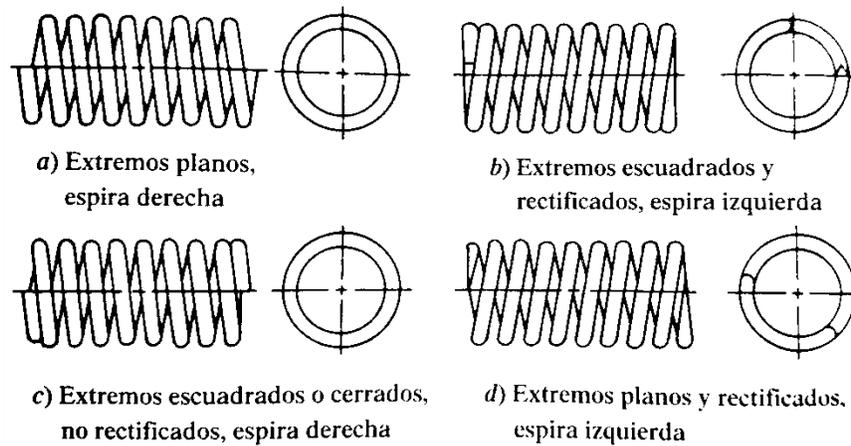


Figura 16. Estilos de extremos para resortes helicoidales de compresión [12].

En casos excepcionales, los extremos pueden ser rectificadas sin escuadrarlos, o solamente se les puede cortar a cierta longitud después de enrollarlos.

### 2.3.3.3 Cable de acero.

Generalmente está compuesto por alambres, hebras y el núcleo. Los alambres están trenzados helicoidalmente en un patrón geométrico exacto para formar la hebra. Las hebras están dispuestas helicoidalmente alrededor del núcleo para formar el cable. El proceso de colocar las hebras alrededor del núcleo se llama "cierre". El proceso de colocar los alambres en la hebra se llama trenzado.

El cable varía según:

- El diámetro
- El grado del acero utilizado
- La dirección del trenzado y cierre
- El acabado del alambre (brillo, galvanizado, etc.)
- El material del núcleo

Cada variación cambia las características de funcionamiento del cable.

La primera diferencia de los cables es por su diámetro. El diámetro se mide como el diámetro del círculo formado por la máxima dimensión exterior de las hebras. Los cables nuevos se fabrican con un diámetro excedido aproximadamente 2-1/2%. Esto permite la reducción normal del diámetro ocasionada cuando un cable nuevo es sometido a carga debido a un estiramiento estructural.

El grado del acero (o de otro material) utilizado en la construcción del cable tiene mayor influencia en la resistencia a la ruptura mínima. Generalmente la mayoría de los cables de acero en la actualidad son de IPS (acero de alta resistencia) aunque actualmente también existen cables de acero EIPS (acero de resistencia extra-alta).

La "configuración" del cable (la dirección de trenzado y cierre) afecta directamente las propiedades de operación. En un cable de trenzado regular, los alambres se enroscan en dirección opuesta a la dirección de las hebras. La configuración regular puede ser trenzado regular derecho o trenzado regular izquierdo dependiendo de la dirección de las hebras. [22]

Tabla 5. Tipos de Configuraciones de cables de acero [22].

Configuraciones de cables de acero			
Torón de 1x7 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retenida® (Galvanizado)</li> <li>• Mensajero® (Galvanizado)</li> </ul>	Clase 6x24 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ballena Extra mejorado (Galvanizado, Alma de fibra)</li> </ul>
Torón de 1x19 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Swabline (Galvanizado)</li> <li>• Dycam® (Galvanizado)</li> <li>• Estructural (Galvanizado)</li> </ul>	Clase 6x36 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superflex (Negro, Alma de fibra)</li> <li>• Angula (Galvanizado, Alma de fibra)</li> <li>• Cascabel (Negro, Alma de acero)</li> <li>• Merluza (Galvanizado, Alma de acero)</li> <li>• Cascabel Dycam (Negro, Alma de acero)</li> </ul>
Clase 3x19S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escrepa</li> </ul>	Clase 8x19	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevador (Negro, Alma de fibra)</li> </ul>

			
Clase 5x26 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oruga (Alma de acero o fibra)</li> </ul>	Clase 8x36 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Armadillo (Negro, Alma de acero)</li> </ul>
Clase 6x7 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sandline (Negro, Alma de fibra)</li> <li>• Tiburón (Galvanizado, Alma de fibra)</li> </ul>	Clase 18x7 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elefante® (Negro, Alma de fibra)</li> <li>• Elefante® (Negro, Alma de acero)</li> </ul>
Clase 6x19 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atún Dycam (Galvanizado, Alma de fibra)</li> <li>• Atún (Galvanizado, Alma de fibra)</li> <li>• Boa Dycam (Negro, Alma de acero)</li> <li>• Barracuda® (Galvanizado, Alma de acero)</li> <li>• Boa® (Negro, Alma de acero)</li> <li>• Oruga (Negro, Alma de acero)</li> <li>• Tonina (Galvanizado, Alma de fibra)</li> <li>• Cobra (Negro, Alma de fibra)</li> <li>• Cobra Mina (Negro, Alma de fibra)</li> <li>• Boa Línea Perforación (Negro, Alma de acero)</li> <li>• Canguro (Negro, Alma de fibra)</li> <li>• Tralla Cable</li> </ul>	Clase 34x7 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuflex® (Negro, Galvanizado)</li> </ul>

## Capítulo 3. Fundamentos para el diseño del contenedor de automóviles

### 3.1 Esfuerzos en el rango elástico.

La mayor parte de las estructuras en ingeniería se diseñan para sufrir deformaciones pequeñas, las cuales encontramos en la parte recta del diagrama esfuerzo-deformación. En esta parte inicial del diagrama, el esfuerzo  $\sigma$  es directamente proporcional a la deformación  $\epsilon$ , por lo que la ley de Hooke se enuncia de la siguiente manera: [23]

$$\sigma = E \epsilon \quad (1)$$

Donde:

$\sigma$ =Esfuerzo Normal [Pa]

$E$ =Modulo de Elasticidad [Pa]

$\epsilon$ =Deformación Normal

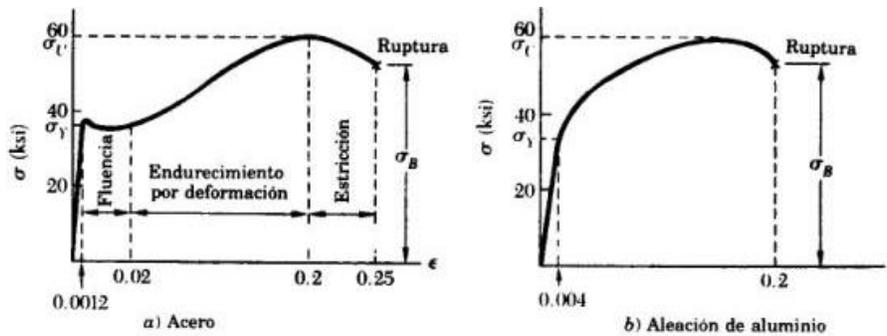


Figura 17. Diagramas esfuerzo-deformación de materiales dúctiles típicos [23].

El máximo valor del esfuerzo para el que puede emplearse la ley de Hooke en un material dado, se conoce como límite de proporcionalidad de ese material, el límite de proporcionalidad casi coincide con el punto de cendecia.

Esta relación entre el esfuerzo normal y la deformación, será independiente a la dirección de la carga aplicada, esto se debe a que los materiales empleados se

consideran isotr3picos, en los que sus propiedades mec3nicas, incluyendo el m3dulo de elasticidad son independientes a la carga.

El m3todo empleado en el dise1o de estos elementos ser3 en el que los esfuerzos y deformaciones consideradas ser3n las que se encuentren en el rango el3stico. Un caso particular es en el que el momento flector  $M$  es tal que los esfuerzos normales en el elemento permanecen por debajo del esfuerzo de fluencia. No habr3 deformaciones permanentes, por lo que podr3 aplicarse la ley de Hooke para el esfuerzo uniaxial.

El esfuerzo  $\sigma_m$  es el m3ximo valor absoluto, que muestra que en el rango el3stico el esfuerzo normal varia linealmente con la distancia al plano neutro.

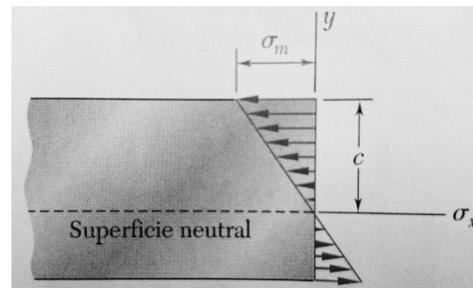


Figura 18. M3ximo valor absoluto de esfuerzo [23].

Para el caso de flexi3n pura, el eje neutro pasa por el centroide de la secci3n, esto se puede expresar como:

$$\sigma_m = \frac{Mc}{I} \quad (2)$$

Donde:

$\sigma_m$  = Esfuerzo m3ximo absoluto [Pa]

$M$  = Momento Flector [Nm]

$I$  = Momento de Inercia de la secci3n transversal [m<sup>4</sup>]

$c$  = distancia del eje centroidal al exterior del elemento [m]

La relaci3n  $I/c$  depende solo de la geometr3a de la secci3n transversal. Esta relaci3n se denomina modulo el3stico de la secci3n y se representa por  $S$ .

$$\sigma_m = \frac{M}{S} \quad (3)$$

$S$  = Modulo el3stico de la secci3n [m<sup>4</sup>]

Para las secciones geométricas más comunes, podemos encontrar las siguientes propiedades:

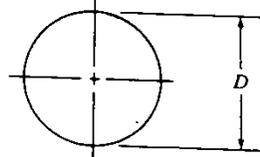
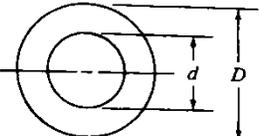
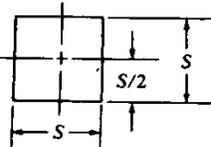
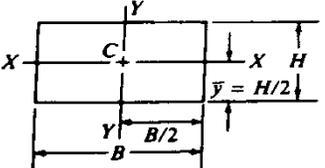
a) Círculo		$A = \pi D^2/4 \quad r = D/4$ $I = \pi D^4/64 \quad J = \pi D^4/32$ $S = \pi D^3/32 \quad Z_p = \pi D^3/16$
b) Círculo hueco (tubo)		$A = \pi(D^2 - d^2)/4 \quad r = \sqrt{D^2 + d^2}/4$ $I = \pi(D^4 - d^4)/64 \quad J = \pi(D^4 - d^4)/32$ $S = \pi(D^4 - d^4)/32D \quad Z_p = \pi(D^4 - d^4)/16D$
c) Cuadrado		$A = S^2 \quad r = S/\sqrt{12}$ $I = S^4/12$ $S = S^3/6$
d) Rectángulo		$A = BH \quad r_x = H/\sqrt{12}$ $I_x = BH^3/12 \quad r_y = B/\sqrt{12}$ $S_x = BH^2/6$
e) Triángulo		$A = BH/2 \quad r = H/\sqrt{18}$ $I = BH^3/36$ $S = BH^2/24$

Figura 19. Propiedades geométricas de las áreas más comunes [12].

### 3.2 Método de diseño.

El diseño de los elementos, eventualmente debe contemplar fallas bajo cargas en los mismos, para obtener un diseño que garantice que no va a ceder. Los métodos de diseño definen una relación entre los esfuerzos aplicados a un componente y la resistencia del material con que se va a fabricar. La resistencia base para el diseño puede ser la de fluencia, la última, la de fatiga o alguna combinación de ellas. Se debe

*llegar a un factor  $N$  de diseño que garantice la seguridad del componente, en otras palabras, la resistencia del material debe ser mayor que los esfuerzos aplicados. [12]*

### *3.2.1 Factores de diseño.*

*Los factores de diseño,  $N$ , son una medida de la seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga. En la mayor parte de los casos, la resistencia del material con que se fabricara el componente se divide entre el factor de diseño para determinar un esfuerzo de diseño,  $\sigma_d$  que también se le llama esfuerzo admisible o esfuerzo permisible. Por lo tanto el esfuerzo real que se desarrolla en el componente deberá ser menor que el esfuerzo de diseño.*

*Para algunos tipos de carga es más cómodo establecer una relación con la que se pueda calcular el factor de diseño  $N$ , a partir de los esfuerzos reales aplicados y de la resistencia del material. En otro caso, como lo es el pandeo en columnas, el factor de diseño se aplica a la carga sobre la columna y no a la resistencia del material. Algunas instituciones y organizaciones de normalización definen por códigos establecidos el valor del factor de diseño, algunas de estas organizaciones son la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos (American Society of Mechanical Engineers), la Asociación Estadounidense de Manufactura de Engranés (American Gear Manufacturers Association), el Departamento de la Defensa de Estados Unidos (U. S. Department of Defense), la Asociación de Aluminio (Aluminum Association) o el Instituto Estadounidense de Construcción de Acero (American Institute of Steel Construction). Cuando no se cuenta con códigos o normas, el diseñador debe aplicar su juicio para especificar el diseño adecuado, según el autor Robert L. Mott en su libro "Diseño de elementos de máquinas" encontramos el valor podría ser el adecuado, de acuerdo a la naturaleza de aplicación, el análisis de esfuerzos, las propiedades del material y el grado de confianza que se desea obtener. [12]*

*Para materiales dúctiles:*

- 1.  $N=1.25$  a  $2.0$ . El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño.*
- 2.  $N=2.0$  a  $2.5$ . Diseño de elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño.*
- 3.  $N=2.5$  a  $4.0$ . Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.*
- 4.  $N=4.0$  o más. Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.*

*Para materiales frágiles:*

- 5.  $N=3.0$  o  $4.0$ . Diseño de estructuras bajo cargas estáticas donde haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño.*
- 6.  $N=4.0$  a  $8.0$ . Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre acerca de cargas, propiedades de materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.*

*3.2.2 Esfuerzo de fluencia para esfuerzos estáticos uniaxiales en materiales dúctiles.*

*Es una aplicación del principio de fluencia, cuando un componente soporta una carga de tensión o de compresión directa en forma parecida a las condiciones de la probeta normalizada para el material. La falla puede ocurrir cuando el esfuerzo real aplicado es mayor que la resistencia de fluencia. Se pueden despreciar las concentraciones de*

esfuerzos para cargas estáticas en materiales dúctiles, porque los esfuerzos mayores cerca de las concentraciones de esfuerzos están muy localizados. Cuando el esfuerzo local en una pequeña parte del componente llega a la resistencia de fluencia del material, cede en realidad, pero en el proceso el esfuerzo se redistribuye a otras zonas, y el componente es todavía seguro.

Por medio de las siguientes ecuaciones se aplica el principio de la resistencia de fluencia al diseño. [12]

Para esfuerzo de tensión:

$$\sigma < \sigma_d = \frac{S_{yt}}{N} \quad (4)$$

Para esfuerzo de compresión:

$$\sigma < \sigma_d = \frac{S_{yc}}{N} \quad (5)$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo real [Pa]

$\sigma_d$  = Esfuerzo de diseño [Pa]

$S_{yt}$  = Resistencia a la fluencia por tensión [Pa]

$S_{yc}$  = Resistencia a la fluencia por compresión [Pa]

$N$  = Factor de diseño

Para la mayor parte de los materiales dúctiles forjados,  $S_{yt} = S_{yc}$

### 3.2.3 Transformación de esfuerzos

El análisis de la transformación de esfuerzos trata principalmente con el esfuerzo plano, es decir, en la situación en la que dos caras de un cubo diferencial dentro del elemento, están libres de esfuerzos. Si el eje  $z$  se elige perpendicular a estas caras, se tiene  $\sigma_z = \tau_{zx} = \tau_{zy} = 0$ , y las únicas componentes restantes son  $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ , esta

situación ocurre en una placa delgada sometida a fuerzas que actúan en su plano medio o de la misma forma en la superficie libre de un elemento estructural o elemento de máquina, en cualquier punto de la superficie de ese componente que no está sujeto a una fuerza externa.

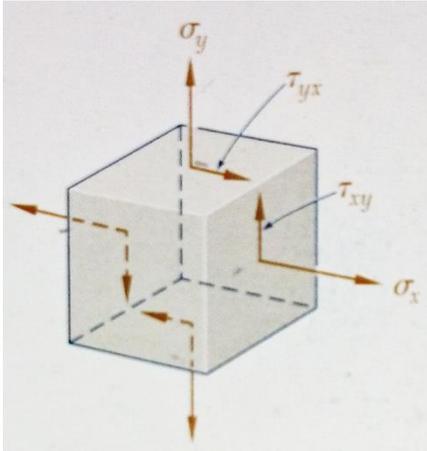


Figura 20. Esfuerzo plano en un cubo. [23]

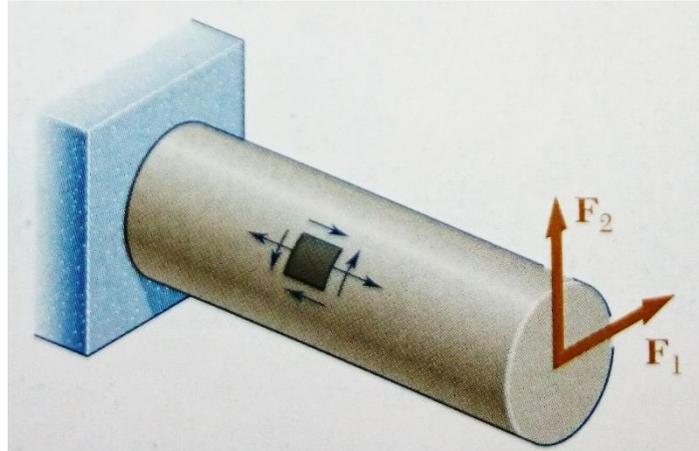


Figura 21. Esfuerzo plano en un elemento estructural. [23]

Al obtener los componentes restantes  $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$  se girara el elemento un ángulo  $\theta$  alrededor del eje z y se obtendrán los esfuerzos correspondientes a este ángulo, los cuales serán los esfuerzos máximos y mínimos respectivamente, en los planos principales en un punto.

Para obtener los esfuerzos restantes, se tiene:

$$\sigma_x, \sigma_y = \frac{Mc}{I} \quad (6)$$

$$\tau_{xy} = \frac{Tc}{J} \quad (7)$$

Para una sección circular hueca:

$$I = \frac{1}{4} \pi (c_2^4 - c_1^4) \quad (8)$$

$$J = \frac{1}{2} \pi (c_2^4 - c_1^4) \quad (9)$$

Al escoger un sistema de ejes rectangulares y graficar un punto  $M$  de abscisa  $\sigma_{x'}$  y ordenada  $\tau_{x'y'}$ , para cualquier valor de  $\theta$ , se obtendrán puntos dentro de un círculo (círculo de Mohr), como lo muestra la siguiente figura:

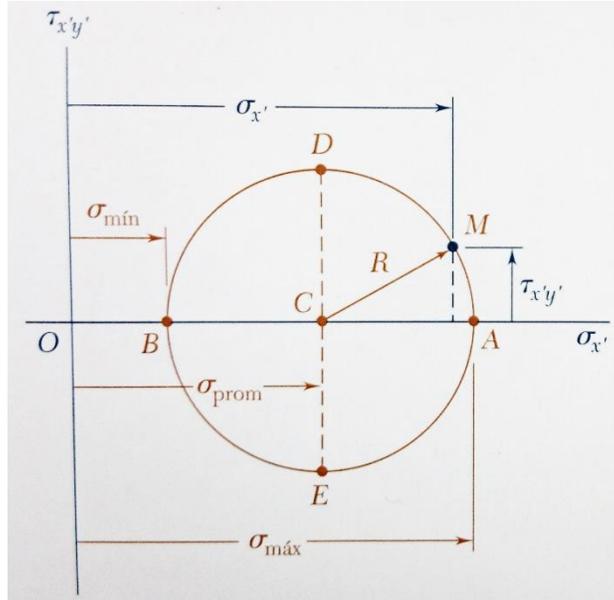


Figura 22. Círculo de Mohr. [23]

Dentro de los puntos  $A$  y  $B$ , tenemos los valores máximos y mínimos de  $\sigma_{x'}$ , respectivamente, estos puntos tendrán un valor nulo de  $\tau_{xy}$ . Así los valores de  $\theta_p$  del parámetro  $\theta$  que corresponden a los puntos  $A$  y  $B$ , pueden obtenerse haciendo  $\tau_{xy} = 0$ , por lo que se obtendría:

$$\tan 2\theta_p = \frac{2 \tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} \quad (10)$$

Esta ecuación define dos valores de  $2\theta_p$ , que difieren en  $180^\circ$  y por lo tanto, dos valores  $\theta_p$  que difieren en  $90^\circ$ . Cualquiera de estos valores puede usarse para determinar la orientación del elemento correspondiente. Los planos que contienen las caras del elemento obtenido se llaman planos principales des esfuerzo en el punto de estudio, para obtener los esfuerzos máximo y mínimo, se tiene:

$$\sigma_{max.min} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (11)$$

### 3.2.4 Concentración de esfuerzos

El término *concentración de esfuerzos* se refiere a la aplicación de una fuerza axial a un miembro, la cual le estará creando una distribución de esfuerzos compleja, en particular dentro de una región localizada en el punto de aplicación de la carga. La distribución de esfuerzos no solo ocurrirá bajo una carga concentrada, sino que también en secciones donde el área de la sección transversal del miembro cambia. Es el caso de los elementos de uniones entre perfiles estructurales, los cuales tienen perforaciones para introducir pasadores, pernos o tornillos entre 2 o más elementos. El esfuerzo máximo normal ocurre en la sección a-a, la cual se considera a través del área de la sección transversal más pequeña del elemento. [24]

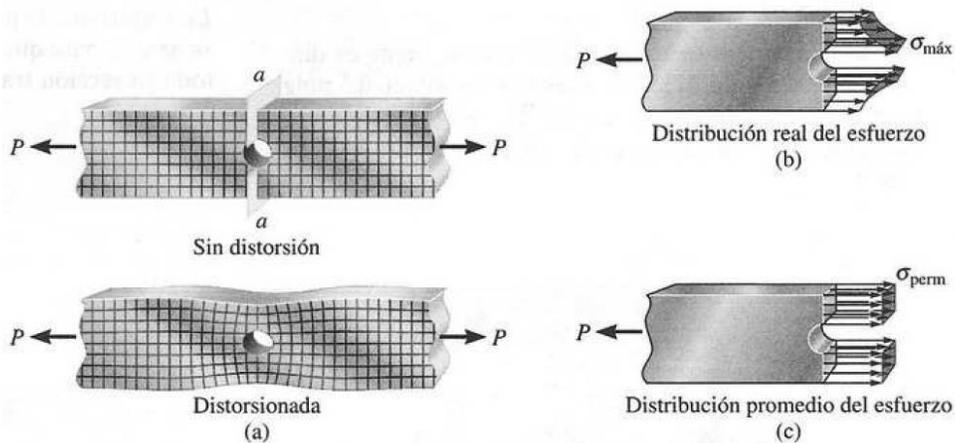


Figura 23. Elemento sometido a carga axial. [24]

En la práctica, la distribución real del esfuerzo no tiene que determinarse. En cambio, solo se debe conocerse el esfuerzo máximo en estas secciones, y entonces se diseña el miembro para resistir este fuerza cuando se aplica una carga axial P. en los casos mencionados anteriormente, cuando la sección transversal cambia, pueden resolverse por métodos matemáticos muy avanzados, los cuales resultan en factor de concentración de esfuerzos K. El cual se define como una relación del esfuerzo máximo al esfuerzo promedio presentes, en la sección transversal más pequeña. Como es el caso de los siguientes dos ejemplos:

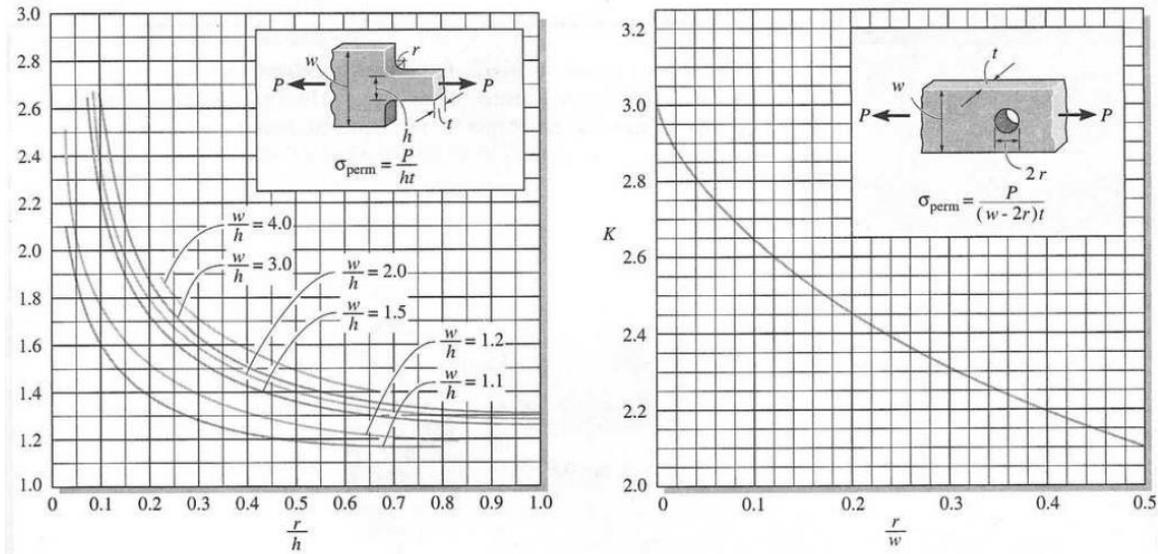


Figura 24. Factor de concentración de esfuerzos K. [24]

De las gráficas anteriores se puede obtener el factor  $K$ , y el esfuerzo promedio se calcula como:

$$\sigma_{prom} = \frac{P}{A} \quad (12)$$

Donde:

$A$  = área más pequeña de la sección transversal.

Por lo tanto el esfuerzo máximo en la sección transversal, estará dado por:

$$\sigma_{max} = K \left( \frac{P}{A} \right) \quad (13)$$

Los factores de concentración de esfuerzos que se dan en la figura 24, se determinaron sobre la base de una carga estática, con la hipótesis de que el esfuerzo en el material no excede del límite proporcional. Si el material es muy frágil, el límite proporcional puede estar en el esfuerzo de rotura y, por tanto, la falla comenzara en el punto de concentración de esfuerzo cuando se haya alcanzado el límite proporcional, es por eso que en el diseño de los elementos de uniones, se emplearán placas de acero de alta resistencia, donde su límite elástico mínimo es de 45 ksi.

### 3.3 Mecanismo de sujeción.

#### 3.3.1 Trinquete.

*Como ya se ha mencionado antes el trinquete se utiliza para la retención de una carga o como mecanismo de frenado. Para su construcción se lo puede considerar como una rueda dentada, piñón o engrane para que mediante los dientes pueda retener el movimiento en un sentido, aunque no tendrán la misma función.*

*En el diseño del trinquete se debe considerar que los dientes del mismo soporten los esfuerzos provocados debidos a la fuerza horizontal que se necesitaría para mover al automóvil, esta fuerza será transmitida mediante un cable de acero hacia la cara del diente de la rueda dentada.*

##### 3.3.1.1 Fuerza de Rodamiento.

*El cálculo de esta fuerza se obtendrá mediante el concepto de "Resistencia al rodamiento" el cual se refiere a las fuerzas que actúan sobre una rueda que le ocasionan frenarse y detenerse, aun cuando se desprece la fricción axial y la resistencia del aire. Si la rueda está rodando sin deslizamiento, no hay movimiento relativo en el punto de contacto entre la rueda y la superficie horizontal.*

*Para este caso se considera una rueda rígida la cual soportara un peso  $W$  (peso total del automóvil) y radio  $R$  (radio del neumático) que está rodando sobre una superficie rígida y horizontal (superficie de la placa de acero) con una velocidad constante, en el peor de los casos, cuando el automóvil se haya colocado en la góndola sin freno de mano, ya que por seguridad se indica que el automóvil siempre sea estacionado con freno de mano. [25]*

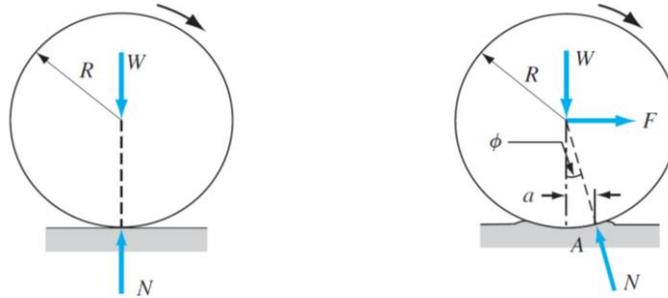


Figura 25. DCL de una rueda con resistencia a rodamiento. [25]

El diagrama de cuerpo libre DCL, muestra como la fuerza  $W$  y la fuerza de contacto  $N$  son perpendiculares a la dirección del recorrido, la rueda no encontrara resistencia por lo que podrá rodar libremente.

El contacto ocurre sobre un área finita. La deformación frente de la rueda retarda el movimiento, en tanto que el material detrás de la rueda se estará recuperando. Para mantener rodando la rueda a una velocidad constante se requiere la aplicación de una fuerza horizontal  $F$  igual a la componente horizontal de  $N$ , esta fuerza  $F$  se conocerá como resistencia al rodamiento o fricción de rodamiento.

Siendo  $(A)$  el punto de aplicación de  $N$  y sea  $(a)$  la distancia horizontal entra  $(A)$  y la línea central vertical de la rueda, la ecuación de momentos se expresa como:

$$\sum M_A = 0 \quad (14)$$

$$Wa = FR \cos\phi \quad (15)$$

Donde:

$\phi$  = Angulo entre  $N$  y la vertical

En la práctica se considera que  $a \ll R$ , lo que permite aproximar  $\cos\phi \approx 1$

Por lo tanto:

$$Wa = FR \quad (16)$$

$$F = \frac{a}{R} W = \mu_r W \quad (17)$$

Donde:

$\mu_r = a/R$ , coeficiente de resistencia al rodamiento.

Tabla 6. Valores comunes para  $\mu_r$ . [25]

$\mu_r$	Propósito
0.0002-0.0005	Ruedas de vagones de ferrocarril sobre rieles de acero.
0.01-0.03	Neumáticos de automóvil sobre carreteras.

### 3.3.1.2 Diseño estático de la rueda dentada.

La rueda dentada necesaria será de tipo dentado interno, este tipo de rueda es aquella en la que los dientes se tallan en el interior de un anillo, en lugar del exterior de un engrane modelo. Algunas de las características para esta rueda dentada son las mismas que para un dentado exterior, salvo algunas excepciones.

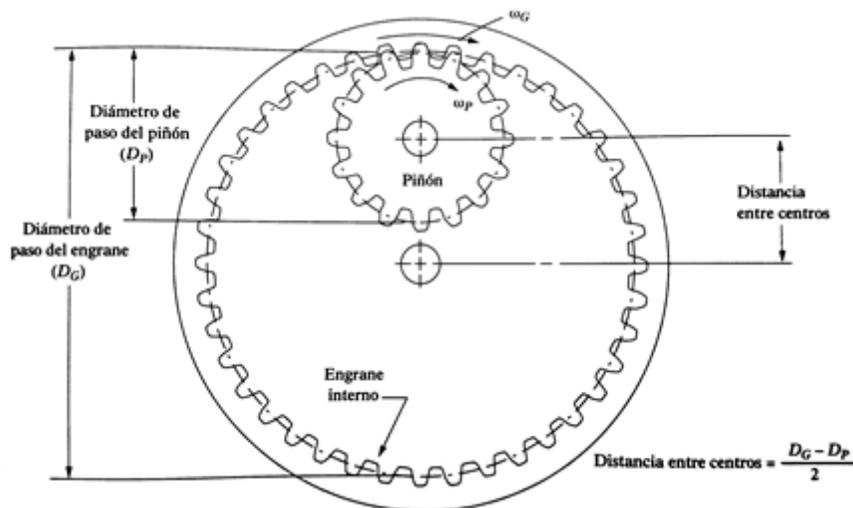


Figura 26. Engrane interno impulsado por un piñón externo. [12]

Diámetro de paso: durante el ciclo de engranaje entre dos engranes existen dos círculos de paso tangentes entre sí, uno para cada engrane, al diámetro de estos círculos de cada engranaje se le conoce como diámetro de paso  $D_p$ .

*Paso circular: es la distancia de un punto del diente de un engrane en el círculo de paso al punto correspondiente del siguiente diente, medida a lo largo del círculo de paso. Para esta relación existe la siguiente expresión: [12]*

$$p = \frac{\pi D_p}{N} \quad (18)$$

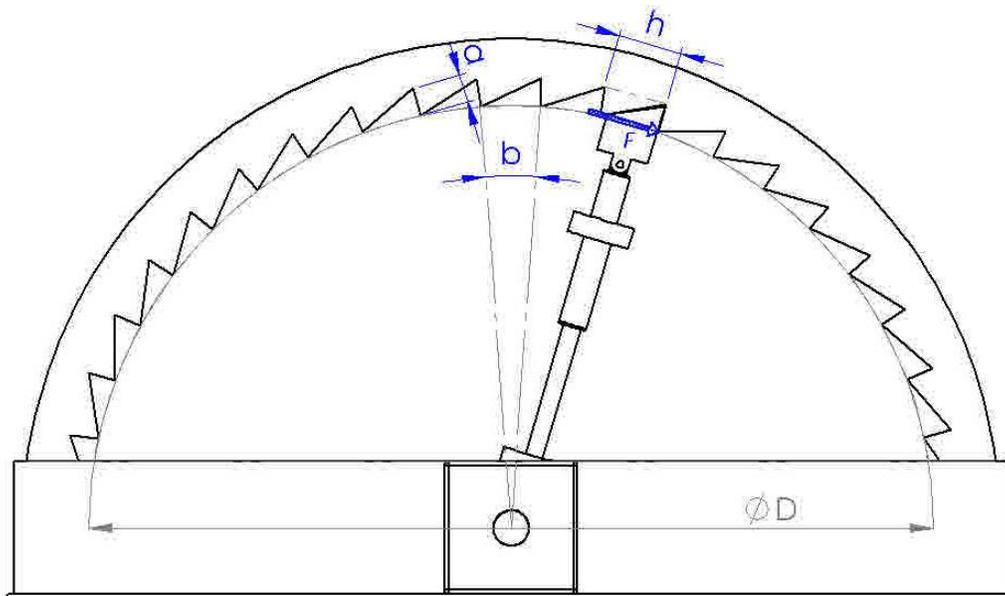
*Donde:*

*p=paso circular [m]*

*D<sub>p</sub>=diámetro de paso del engrane [m]*

*N=numero de dientes del engrane*

*El ancho del diente se hace igual al paso circular y la altura del diente es a lo máximo a la mitad del paso. El flanco de retención es recto pero no radial, sino tangencial a un círculo de  $r=0.15D$ , y el otro flanco une la cabeza de un diente con el pie del inmediato mediante un arco que no sobrepase la circunferencia que pasa por la cabeza del diente. [26]*



*Figura 27. Rueda de dentado interior para trinquete.*

Donde:

$h$ =longitud paralela del diente respecto a la acción de la fuerza [m]

$a$ =altura del diente [m]

$b$ =arco del diente [m]

Para determinar la longitud  $h$ , que es paralela a la línea de acción de la fuerza que actúa en la punta del diente, se analizará por los esfuerzos de flexión y de corte que se van a producir en el mismo.

La fuerza que va a provocar la flexión y corte, es la fuerza horizontal que se necesita para mover al automóvil y será transmitida mediante el cable de acero hacia la uñeta del trinquete.

La fuerza provocará flexión para lo que se debe calcular el esfuerzo de flexión, mediante la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{6 F a}{b h^2} \quad (19)$$

Donde:

$\sigma$ =Esfuerzo de Flexión [Pa]

$F$ =Fuerza horizontal necesaria para mover al automóvil [N]

Se utilizará un factor de seguridad  $n=3$  debido a los choques que se van a dar entre la rueda dentada del trinquete y la uñeta para que pueda ser detenido. Este esfuerzo obtenido se compara con el esfuerzo de diseño de acuerdo al método de resistencia a la fluencia antes mencionado.

De (4) y (11), obtenemos la siguiente expresión para calcular la longitud del diente:

$$h = \sqrt{\frac{6 n F a}{b S_y}} \quad (20)$$

La rueda dentada también deberá diseñarse en base al esfuerzo provocado por la fuerza de corte, por lo que se tiene la siguiente expresión:

$$\tau = \frac{0.4 S_y}{3} \quad (21)$$

Donde:

$\tau$ =Esfuerzo de corte [Pa]

$S_y$ =Resistencia a la fluencia [Pa]

El esfuerzo que se produce en el diente de la rueda dentada del trinquete es:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{F}{h b} \quad (22)$$

Donde:

$\tau$ =Esfuerzo de corte [Pa]

$F$ =Fuerza horizontal necesaria para mover al automóvil [N]

$A$ =Área de corte del diente [ $m^2$ ]

### 3.3.1.3 Diseño de la uñeta

La uñeta del mecanismo de trinquete es el elemento encargado de limitar el giro en un solo sentido de la rueda dentada del trinquete, esto se obtiene mediante un resorte que empujará a la uñeta hacia la cara del diente.

### 3.3.2 Diseño del Resorte

Como se mencionó antes, el tipo de resorte empleado en el diseño del mecanismo para el trinquete, es un resorte helicoidal de compresión, el cual es un alambre redondo enrollado en forma de cilindro con paso constante entre las espiras adyacentes. Los conceptos básicos para el diseño de este resorte, son los siguientes: [12]

## Diámetros

La figura 28, muestra la notación para referirse a los diámetros característicos de los resortes helicoidales de compresión. El diámetro externo (DE), el diámetro interno (DI) y el diámetro del alambre ( $D_w$ ) son obvios, y se pueden medir con instrumentos estándar de medición. Para calcular el esfuerzo y la deflexión de un resorte, se usará el diámetro medio ( $D_m$ ), de la siguiente forma:

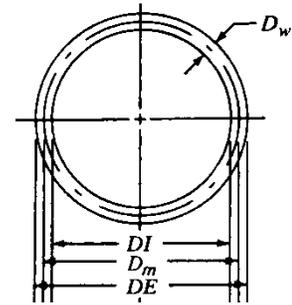


Figura 28. Notación de diámetros. [12]



$$DE = D_m + D_w \quad (23)$$

$$DI = D_m - D_w \quad (24)$$

Se usan varias clases de materiales en los alambres para resorte, el alambre se fabrica en piezas de diámetro estándar que abarcan un rango muy amplio.

## Longitudes

La variación de la longitud se relaciona con la fuerza que se ejerce en el resorte. La longitud libre ( $L_f$ ), es la longitud que tiene el resorte cuando no ejerce fuerza, como si estuviera solo descansando sobre una mesa. La longitud comprimida ( $L_s$ ), es la que tiene el resorte cuando se comprime hasta el punto en que todas sus espiras se tocan (longitud mínima que puede tener el resorte). Durante el funcionamiento del resorte, este no deberá comprimirse hasta su longitud comprimida.

La longitud más corta del resorte durante su funcionamiento normal es la longitud de operación ( $L_o$ ), por último se tiene ( $L_i$ ) a la longitud instalada, en la que trabajara el resorte a compresión.

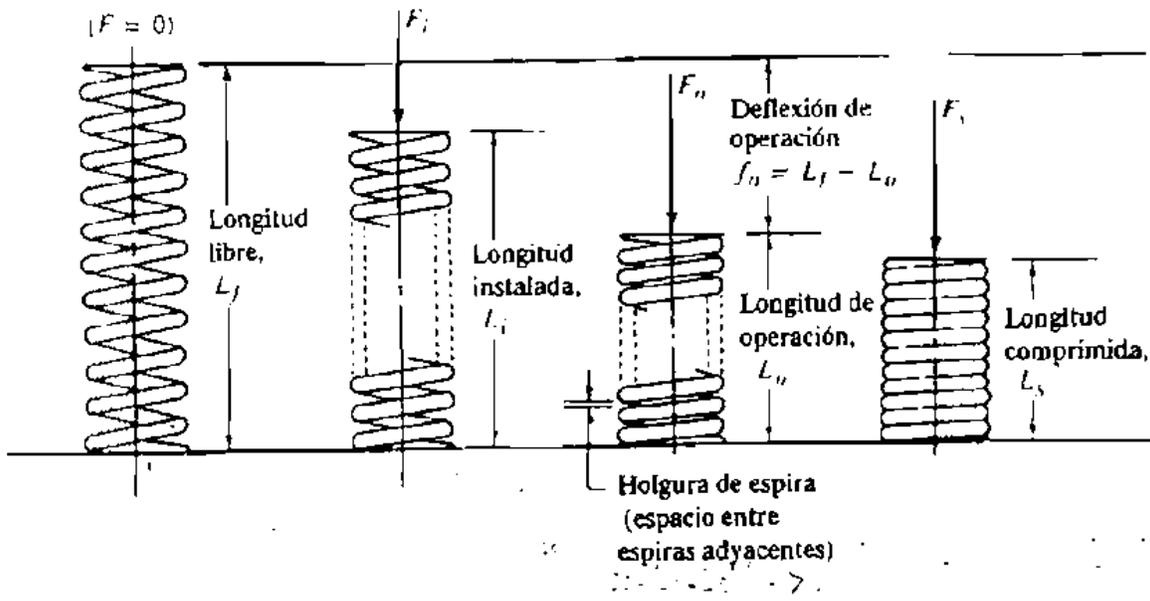


Figura 29. Notación de longitudes y fuerzas. [12]

### Fuerzas

Se usará el símbolo  $F$  para representar las fuerzas que ejerce un resorte, con diversos subíndices para especificar cuál es la fuerza a considerar. Los subíndices son iguales a los que indican las longitudes, por lo tanto:

$F_s$  = fuerza en longitud comprimida; la fuerza máxima a la que se puede someter al resorte.

$F_o$  = fuerza en la longitud de operación,  $L_o$ ; es la fuerza máxima que siente el resorte en su operación normal.

$F_i$  = fuerza a la longitud instalada,  $L_i$ ; para un resorte alternativo, la fuerza varía entre  $F_o$  y  $F_i$ .

$F_f$  = fuerza en la longitud libre,  $L_f$ ; esta fuerza es igual a cero.

### Constante del resorte

La relación entre la fuerza que ejerce un resorte y su deformación es su constante de resorte o constante de elasticidad,  $k$ . Cualquier cambio en la fuerza, dividido entre el

*cambio correspondiente en la deflexión, se puede usar para calcular la constante de resorte:*

$$k = \Delta F / \Delta L \quad (25)$$

$$k = \frac{F_o - F_i}{L_i - L_o} \quad (26)$$

$$k = \frac{F_o}{L_f - L_o} \quad (27)$$

$$k = \frac{F_i}{L_f - L_i} \quad (28)$$

### *Índice del resorte*

*La relación del diámetro medio del resorte, entre el diámetro del alambre, se llama índice del resorte, C:*

$$C = D_m / D_w \quad (29)$$

*De acuerdo al autor Robert L. Mott [12], se recomienda que C sea mayor que 5.0, y los resortes comunes en maquinaria tienen valores de C que van de 5 a 12. Para C menor que 5, es muy difícil dar forma al resorte, y la gran deformación necesaria puede causar grietas en el alambre. Los esfuerzos y las deflexiones de los resortes dependen de C, y una C mayor ayudara a eliminar la tendencia de un resorte a pandearse.*

### *Numero de espiras*

*N representara el número total de espiras de un resorte. Pero en cálculos de esfuerzos y deflexiones de un resorte, algunas de las espiras son inactivas, por lo que no se consideran. Para un resorte con extremos escuadrados y rectificados, cada extremo de espira es inactiva, y el número de espiras activas. Para un resorte con extremos escuadrados y rectificados, cada extremo de espira es inactiva, y el número de espiras activas,  $N_a$ , es  $N-2$ . Para extremos planos, todas las espiras son activas:  $N_a = N$ . Para extremos planos y rectificados,  $N_a = N - 1$ .*

### *Paso*

*El paso  $p$ , indica la distancia axial de un punto en una espira al punto correspondiente en la siguiente espira. Las relaciones entre paso, longitud libre, diámetro de alambre y número de espiras activas son las siguientes:*

*Extremos escuadrados y rectificadas:*

$$L_f = pN_a + 2D_w \quad (30)$$

*Extremos solamente escuadrados:*

$$L_f = pN_a + 3D_w \quad (31)$$

*Extremos planos y rectificadas:*

$$L_f = p(N_a + 1) \quad (32)$$

*Extremos planos:*

$$L_f = p(N_a + D_w) \quad (33)$$

### *Ángulo de paso*

*El ángulo de paso es aquel que existe entre cada espira, entre mayor sea este ángulo, más inclinadas estarán las espiras, lo que desarrollara en el alambre esfuerzos de compresión indeseables, la mayor parte de los diseños prácticos de resorte tienen un ángulo de paso menor que  $12^\circ$ , así evitando que se desarrollen los esfuerzos de compresión. El ángulo de paso se calcula mediante la siguiente expresión:*

$$\lambda = \tan^{-1} \left[ \frac{p}{\pi D_m} \right] \quad (34)$$

### *Materiales para resortes*

*En la mayor parte de las aplicaciones mecánicas se usa alambre metálico: de acero al alto carbón, acero aleado, acero inoxidable, latón, bronce, cobre al berilio o aleaciones a base de níquel. La mayor parte de los materiales para resorte se obtienen con las especificaciones de la ASTM.*

### *Tipos de carga y esfuerzos permisibles*

*El esfuerzo admisible que se utiliza en un resorte depende del tipo de carga, el material y el tamaño del alambre. Según la siguiente clasificación, hay tres tipos de carga:*

*Servicio ligero: Cargas estáticas o hasta 10000 ciclos de carga, con baja rapidez de carga (sin impacto).*

*Servicio promedio: Casos típicos en el diseño de máquinas: aplicación con rapidez moderada y hasta un millón de ciclos.*

*Servicio severo: Ciclos rápidos, con más de un millón de ciclos; posibilidad de choques o impactos.*

*Tabla 7. Materiales para resortes. [12]*

<i>Tipo de Material</i>	<i>Núm. ASTM</i>	<i>Costo relativo</i>	<i>Límites de Temperatura °F</i>
<i>A. Aceros al alto carbón.</i>			
<i>Estirado en frío</i>	<i>A227</i>	<i>1.0</i>	<i>0-250</i>
<i>Alambre de instrumentos musicales</i>	<i>A228</i>	<i>2.6</i>	<i>0-250</i>
<i>Templado en aceite</i>	<i>A229</i>	<i>1.3</i>	<i>0-350</i>
<i>B. Aceros aleados.</i>			
<i>Cromo-vanadio</i>	<i>A231</i>	<i>3.1</i>	<i>0-425</i>
<i>Cromo-silicio</i>	<i>A401</i>	<i>4.0</i>	<i>0-475</i>
<i>C. Aceros inoxidable</i>			
<i>Tipo 302</i>	<i>A313 (302)</i>	<i>7.6</i>	<i>&lt;0-550</i>
<i>Tipo 17-7 PH</i>	<i>A313 (631)</i>	<i>11.0</i>	<i>0-600</i>
<i>D. Aleaciones de cobre</i>			
<i>Latón de resortes</i>	<i>B134</i>	<i>Alta</i>	<i>0-150</i>
<i>Bronce fosforado</i>	<i>B159</i>	<i>8.0</i>	<i>&lt;0-212</i>
<i>Cobre al berilio</i>	<i>B197</i>	<i>27.0</i>	<i>0-300</i>
<i>E. Aleaciones a base de níquel</i>			
<i>Monel</i>			<i>-100-425</i>
<i>K-Monel</i>			<i>-100-450</i>
<i>Inconel</i>			<i>Hasta 700</i>
<i>Inconel-X</i>		<i>44.0</i>	<i>Hasta 850</i>

*Para un acero ASTM A227, se tiene la siguiente gráfica en la cual podemos encontrar los esfuerzos cortantes de acuerdo al calibre del alambre:*

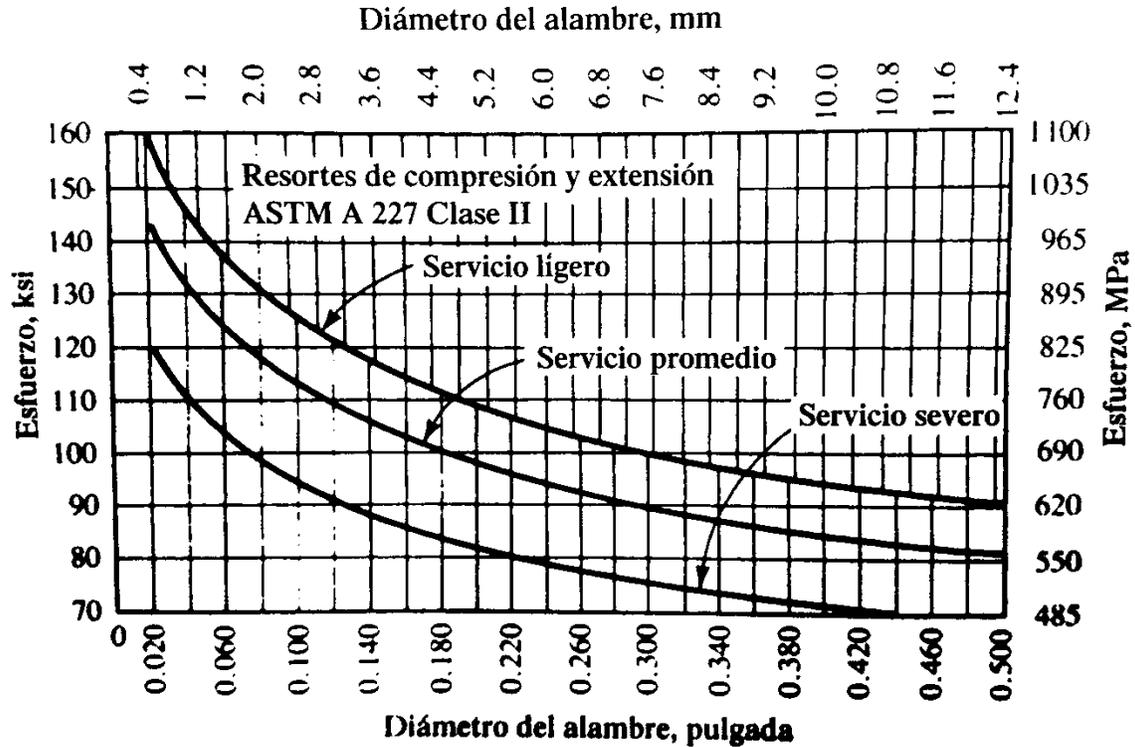


Figura 30. Esfuerzos cortantes para alambre de acero ASTM A227. [12]

### Esfuerzos y deflexiones en resortes helicoidales de compresión

Cuando se comprime un resorte mediante una carga axial, el alambre se tuerce. Por lo que el esfuerzo desarrollado en el alambre es un esfuerzo cortante por torsión ( $\tau$ ), y se puede calcular a partir de la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{Tc}{J} \quad (35)$$

Donde:

$T$  = Par torsor [Nm]

$c$  = Distancia del eje centroidal al exterior del elemento [m]

$J$  = Momento polar de inercia [m<sup>4</sup>]

Cuando la ecuación se aplica en forma específica a un resorte helicoidal de compresión, se emplean otros factores, para considerar la curvatura del alambre del resorte y el esfuerzo cortante directo que se crea cuando las espiras resisten la carga

vertical. Mediante la ecuación de Wahl, para esfuerzos cortantes en resortes helicoidales a compresión, se tiene:

$$\tau = \frac{8 K F D_m}{\pi D_w^3} \quad (36)$$

Sustituyendo la ecuación (27) en la (34), tenemos:

$$\tau = \frac{8 K F C}{\pi D_w^2} \quad (37)$$

Se puede calcular el esfuerzo cortante para cualquier fuerza  $F$  aplicada. Por lo común, se considera el esfuerzo cuando el resorte se comprime hasta su longitud comprimida, bajo la influencia de  $F_s$ , y cuando el resorte trabaje con su carga normal máxima,  $F_0$ .

El factor de Wahl,  $K$ , en la ecuación 34 y 35 es el término con el cual se tiene en cuenta la curvatura del alambre y el esfuerzo directo.  $K$  se relaciona con  $C$ , de la siguiente forma:

$$K = \frac{4C - 1}{4C - 4} + \frac{0.615}{C} \quad (38)$$

La figura (31) muestra una gráfica de  $K$  en función de  $C$  para un alambre redondo. El valor recomendado para  $C=5$ , cuando  $C < 5$ , el valor de  $K$  aumenta con rapidez.

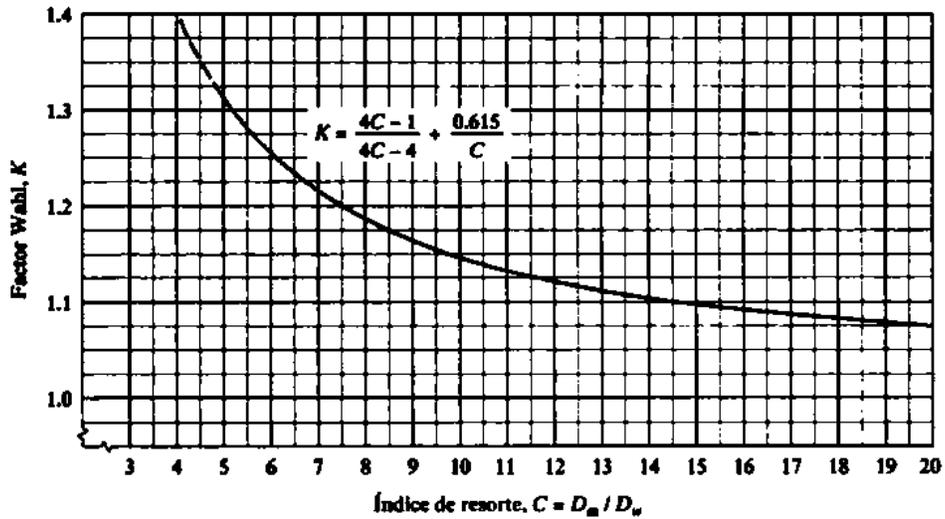


Figura 31. Factor de Wahl para resortes redondos. [12]

### Deflexión

Debido a que la forma principal de aplicar la carga al alambre de un resorte helicoidal de compresión es por torsión, la deflexión es calculada a partir de la fórmula de ángulo de torsión.

$$\theta = \frac{T L}{G J} \quad (39)$$

Donde:

$\theta$  = ángulo de torsión en radianes

T = par torsional aplicado [Nm]

L = longitud del alambre [m]

G = módulo de elasticidad del material en cortante [N/m<sup>2</sup>]

J = momento polar de inercia del alambre [m<sup>4</sup>]

Empleando las variables típicas del resorte, se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$f = \frac{8 F D_m^3 N_a}{G D_w^4} = \frac{8 F C^3 N_a}{G D_w} \quad (40)$$

Tabla 8. Módulos G y E en distintos materiales para resortes. [12]

Material ASTM núm.	Modulo en cortante G		Modulo en tensión E	
	(psi)	(GPa)	(psi)	(GPa)
Acero estirado en frio: A227	11.5X10 <sup>6</sup>	79.3	28.6 X10 <sup>6</sup>	197
Alambre para instrumentos musicales: A228	11.85X10 <sup>6</sup>	81.7	29.0 X10 <sup>6</sup>	200
Templado en aceite: A229	11.2X10 <sup>6</sup>	77.2	28.5 X10 <sup>6</sup>	196
Al cromo- vanadio: A-231	11.2X10 <sup>6</sup>	77.2	28.5 X10 <sup>6</sup>	196
Al cromo-silicio: A401	11.2X10 <sup>6</sup>	77.2	28.5 X10 <sup>6</sup>	203
<b>Aceros inoxidables: A313</b>				
Tipos 302, 304, 316	10.0X10 <sup>6</sup>	69.0	28.0 X10 <sup>6</sup>	193
Tipo 17-7 PH	10.5X10 <sup>6</sup>	72.4	29.5 X10 <sup>6</sup>	203
Laton de resortes: B134	5.0X10 <sup>6</sup>	34.5	15.0 X10 <sup>6</sup>	103
Bronce fosforado: B159	6.0X10 <sup>6</sup>	41.4	15.0 X10 <sup>6</sup>	103
Cobre al berilio: B197	7.0X10 <sup>6</sup>	48.3	17.0 X10 <sup>6</sup>	117
Monel y K-Monel	9.5X10 <sup>6</sup>	65.5	26.0 X10 <sup>6</sup>	179
Inconel e Inconel- X	10.5X10 <sup>6</sup>	72.4	31.0 X10 <sup>6</sup>	214

### 3.4 Tipos de uniones

Las estructuras metálicas están constituidas de diferentes tipos de elementos, y cada uno de estos elementos debe estar convenientemente unido a las piezas inmediatas de la estructura. Esto implica la utilización de distintos tipos de uniones. Las uniones son partes importantes de cualquier estructura metálica. Las propiedades mecánicas de las uniones influyen mucho en la resistencia, rigidez y estabilidad de la estructura en conjunto.

Las uniones de las estructuras metálicas suelen efectuarse mediante soldaduras y/o tornillos. [27]

### 3.4.1 Soldaduras

Aunque existen diferentes tipos de soldaduras, normalmente se prefiere la soldadura en ángulo como lo muestra la figura 32(a) a la soldadura a tope que se muestra en la figura 32(b), debido a que la instalación es relativamente sencilla.

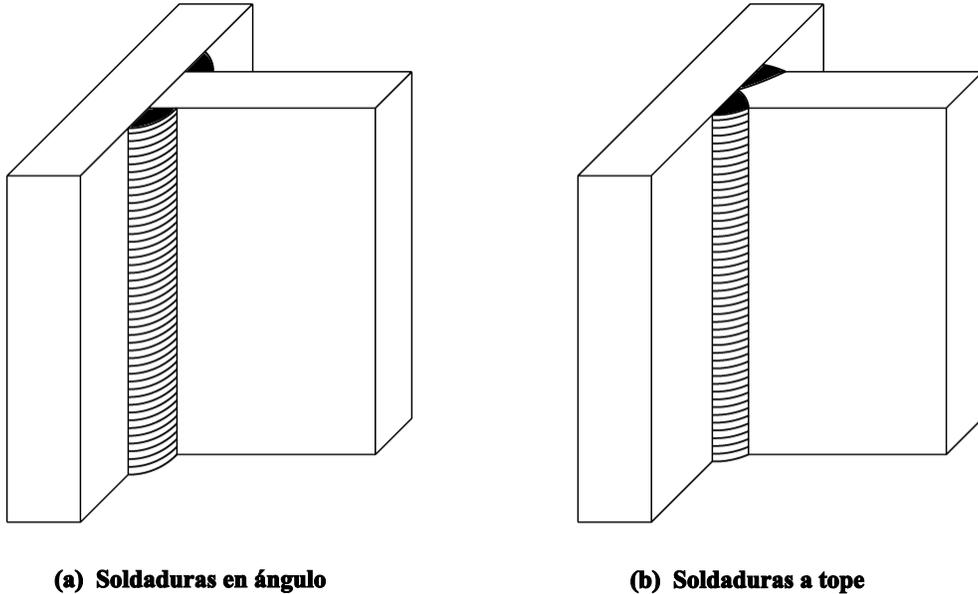


Figura 32. Tipos de soldadura. [27]

Una soldadura a tope se efectúa en la sección transversal de las placas que están en contacto en un tope o unión en T. Los bordes de la placa suelen tener que prepararse antes de la soldadura.

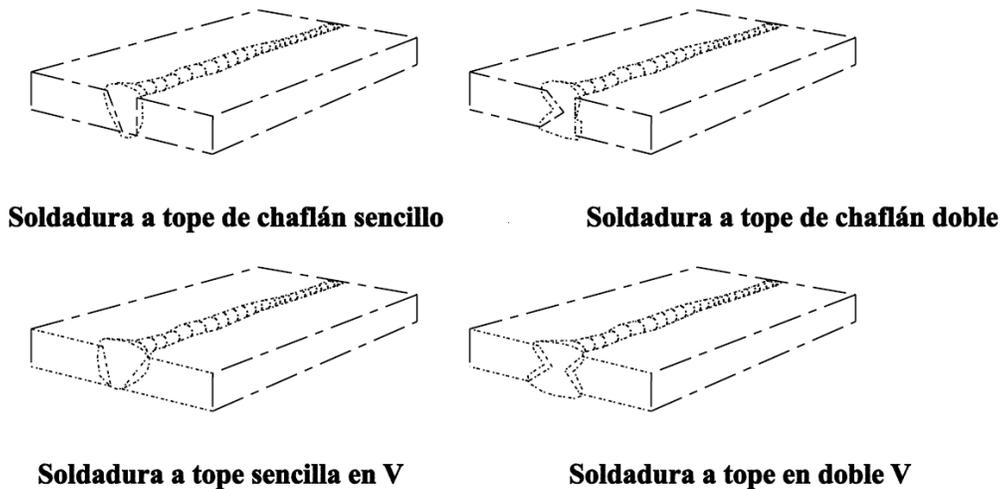


Figura 33. Soldaduras a tope. [27]

Una soldadura en ángulo es una soldadura de sección transversal aproximadamente triangular que se aplica en el perfil de las placas. No hace falta preparar los bordes. Las soldaduras en ángulo, son más baratas que las soldaduras a tope. Algunas de los tipos de unión, son:

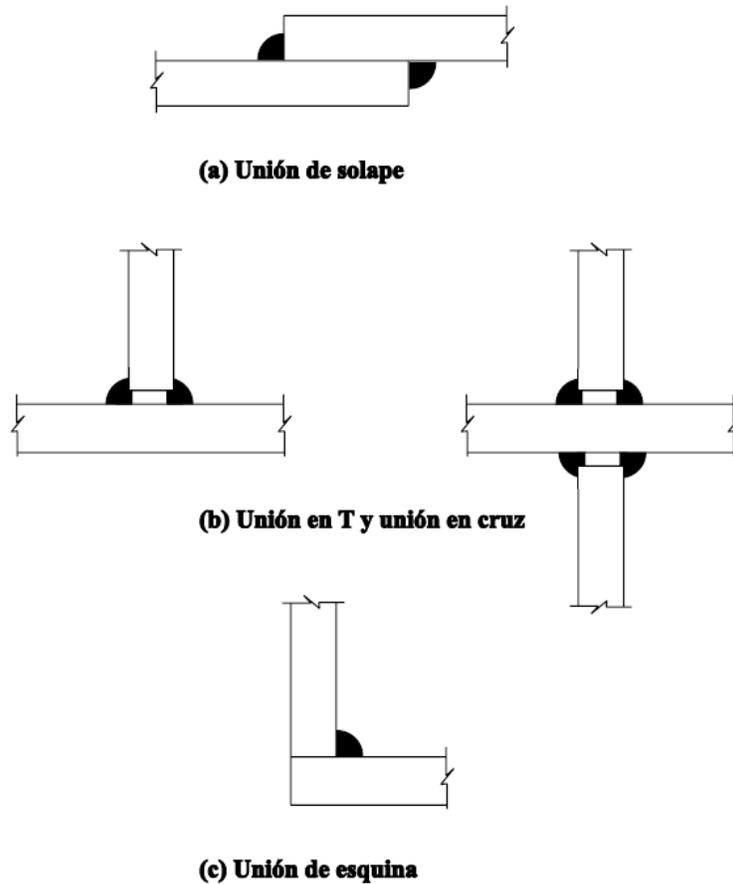


Figura 34. Soldaduras en ángulo. [27]

Para el cálculo de soldaduras, se utilizan dos parámetros geométricos de la soldadura:  
 $a$  = espesor de la garganta, es la distancia mínima desde la raíz a la superficie del cordón ignorando la zona convexa.

$l$  = la longitud es la dimensión del cordón en la dirección del desplazamiento del arco de la soldadura.

Ambos parámetros se utilizan tanto para soldadura a tope, como para soldadura en ángulo.

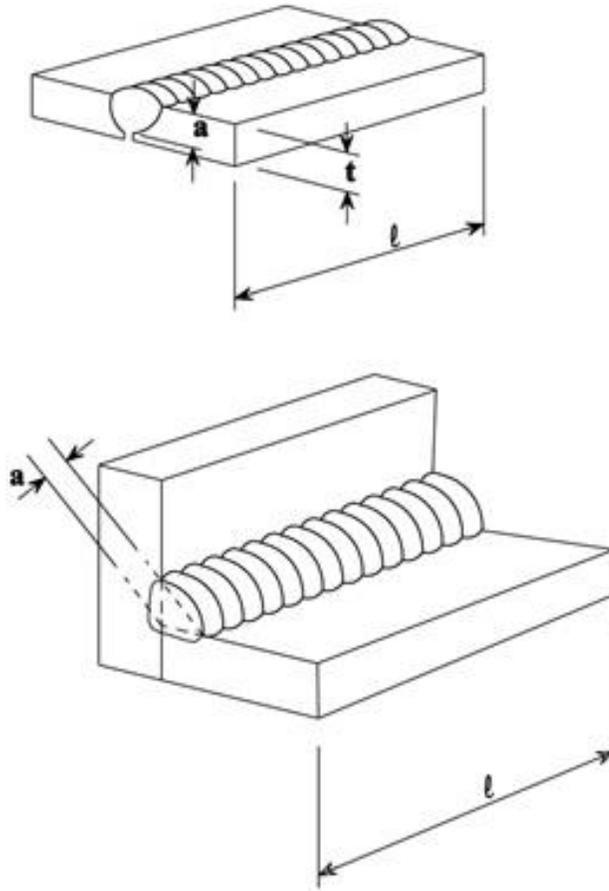


Figura 35. Parámetros para soldaduras. [27]

Para las soldaduras en ángulo, el espesor de la garganta, no debe sobrepasar el valor máximo de la siguiente tabla, exceptuando los casos de uniones sometidas a cargas dinámicas o estructuras expuestas a ambientes agresivos, o temperaturas inferiores a 0°C, o bien en uniones estancas, las uniones longitudinales de dos piezas podrán realizarse mediante soldaduras discontinuas.

Tabla 9. Valores límite de la garganta de una soldadura en ángulo. [27]

Espesor de la pieza (mm)	Garganta	
	Valor máximo (mm)	Valor mínimo (mm)
4.0- 4.2	2.5	2.5
4.3- 4.9	3	2.5
5.0- 5.6	3.5	2.5
5.7- 6.3	4	2.5
6.4- 7.0	4.5	2.5

7.1- 7.7	5	3
7.8- 8.4	5.5	3
8.5- 9.1	6	3.5
9.2- 9.9	6.5	3.5
10.0-10.6	7	4
10.7-11.3	7.5	4
11.4-12.0	8	4
12.1-12.7	8.5	4.5
12.8-13.4	9	4.5
13.5-14.1	9.5	5
14.2-15.5	10	5
15.6-16.9	11	5.5
17.0-18.3	12	5.5
18.4-19.7	13	6
19.8-21.2	14	6
21.3-22.6	15	6.5
22.7-24.0	16	6.5
24.1-25.4	17	7
25.5-26.8	18	7
26.9-28.2	19	7.5
28.3-31.1	20	7.5
31.2-33.9	21	8
34.0-36.0	24	8

### *Electrodos para arco eléctrico*

*Las diferentes características de operación de los electrodos se atribuyen al revestimiento. El alambre es generalmente del mismo tipo, acero al carbón AISI 1010. En las especificaciones para electrodos para soldar, se ha adoptado una serie de 4 o 5 números seguidos de la letra E, esta misma que significa electrodo para soldadura por arco (electrodo revestido).*

*Las 2 primeras cifras de un número de 4 o las 3 primeras de un número de 5, significa la resistencia mínima a la tracción en miles de libras por pulgada cuadrada (ksi). La penúltima cifra significa la oposición en que se debe aplicar. La última cifra significa el tipo de corriente, escoria, arco, penetración y presencia de elementos químicos.*

*En la tabla (10), se puede observar los valores mínimos para la resistencia a la tracción en electrodos por arco:*

Tabla 10. Nomenclatura para electrodos para soldar.

<b>CIFRA</b>	<b>SIGNIFICADO</b>	<b>EJEMPLO</b>
<i>Las 2 ó 3 primeras</i>	<i>Mínima resistencia a la tracción (Esfuerzos relevados)</i>	<i>E 60 XX = 60000 lbs/pulg<sup>2</sup> (Mínimo) E 110 XX = 110000 lbs/pulg<sup>2</sup> (Mínimo)</i>
<i>Penúltima</i>	<i>Posición de Soldadura</i>	<i>E XX1X = Toda posición E XX2X = Plana Horizontal E XX3X = Plana</i>
<i>Ultima</i>	<i>Tipo de Corriente Tipo de escoria Tipo de arco Penetración Presencia de elementos químicos en el Revestimiento.</i>	

En los cálculos para soldadura en ángulo se contempla el área de la garganta, que es el producto del espesor y la longitud efectiva del cordón. Siendo la longitud efectiva, la longitud total de soldadura, incluyendo retornos extremos, si el cordón es discontinuo.

La carga que actúa sobre el cordón de soldadura se descompone en componentes de carga paralelos y transversales al eje longitudinal del cordón y normales y transversales al plano de su garganta. Por lo que la soldadura trabaja a dos esfuerzos, tensión y cortante.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (41)$$

Donde:

F= fuerza normal perpendicular al plano del área de la garganta del cordón.

A=área de la garganta del cordón, producto del área de contacto por la longitud.

$$\tau = \frac{\sigma}{2} \quad (42)$$

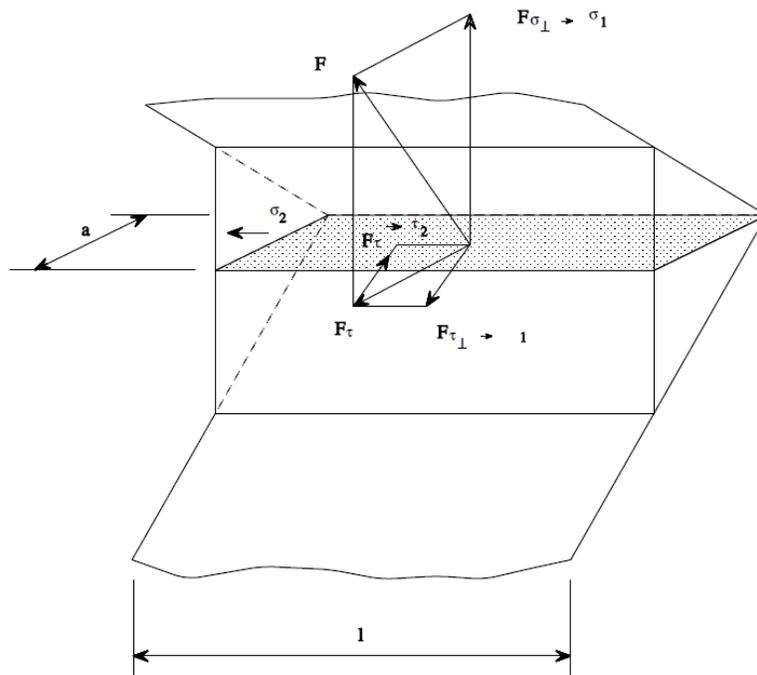


Figura 36. Componentes de esfuerzos en un cordón de soldadura. [27]

Donde:

$\sigma$ =Esfuerzo normal debido a la carga axial, que se propagara dentro del plano medio del cordón de soldadura.

$\tau$ =Esfuerzo cortante debido a la carga axial, que se propagara dentro de las caras que están en contacto con el cordón de soldadura.

### 3.4.2 Tornillos

En las uniones estructurales, se utilizan tornillos para transferir cargas de una placa a otra. La resistencia de una unión atornillada se determina normalmente en base a la resistencia de los medios de unión por separado y las piezas conectadas. El análisis elástico, es el que se utiliza más frecuentemente en el cálculo de uniones. En uniones donde el deslizamiento no es aceptable, debido a la carga de corte, deben utilizarse tornillos pretensados y así asegurar que la unión sea resistente al deslizamiento.

La siguiente figura muestra los esfuerzos a los que se someten los tornillos en estructuras:

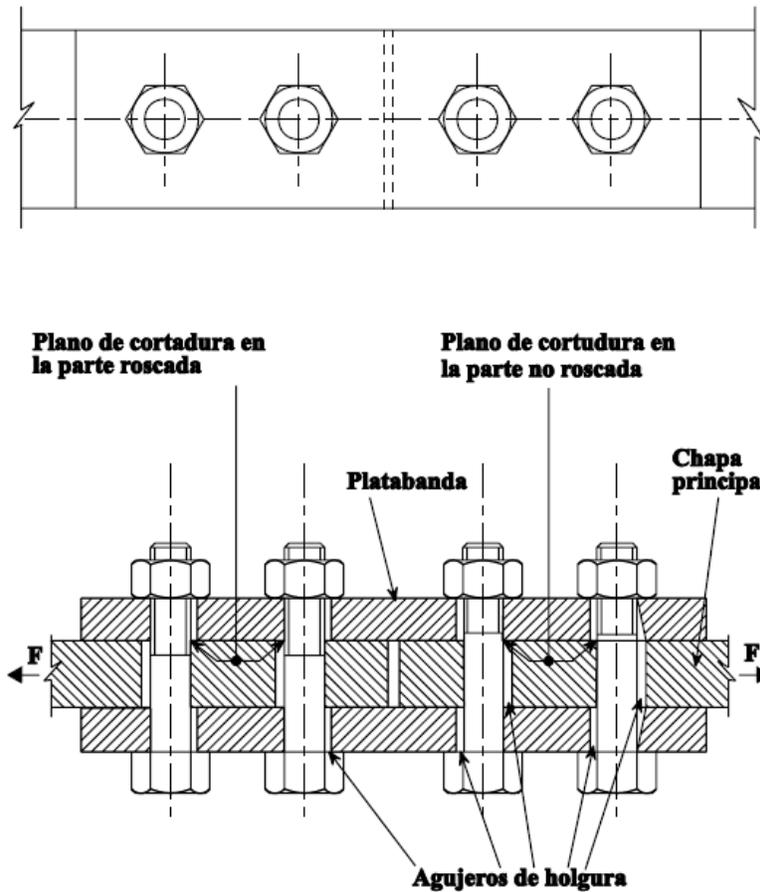


Figura 37. Esfuerzos de corte en uniones con tornillos. [27]

Dentro del esfuerzo de corte, la carga se transmite a través de los tornillos mediante el apoyo del vástago contra las paredes de los orificios en las placas conectadas. Las fuerzas en los tornillos se transmiten mediante corte transversal.

#### Clases de tornillos

Se dispone de tornillos y tuercas de acero de resistencias mínimas a la tracción de hasta 1370 MPa. La clase de tornillo se indica mediante dos números. Las más comunes son 4.6, 5.6, 6.5, 6.8, 8.8, 10.9. En la siguiente tabla, se da la tensión nominal de límite elástico  $f_y$  y el límite de ruptura de cálculo  $f_u$  para los tornillos ordinarios. La tensión

nominal de límite elástico  $f_y$  puede obtenerse a partir de la clase multiplicando el primer número por 10 veces el segundo. La resistencia de cálculo  $f_u$  es 100 veces el primer número (tensiones en MPa).

Tabla 11. Esfuerzos permisibles de clases de tornillos. [27]

Clase	4.6	5.6	6.5	6.8	8.8	10.9
$f_y$ (MPa)	240	300	300	480	640	900
$f_u$ (MPa)	400	500	600	600	800	1000

### Diámetro de los agujeros

A causa de las desviaciones admisibles en la posición de los agujeros y de las tolerancias en el diámetro del tornillo ( $d$ ) así como en el del agujero ( $d_b$ ) hay que dar cierta holgura. Para uniones resistentes por cortadura, esta holgura puede ser causa de deslizamiento de las placas cuando se aplica la carga.

En caso de cargas alternas, este movimiento puede ocurrir en cualquier inversión de la carga. Normalmente, este tipo de movimiento no está permitido. Excepto en los tornillos calibrados o en los casos en que se especifiquen agujeros alargados o sobredimensionados, la holgura nominal en agujeros será:

1 mm para tornillos M12 y M14.

2 mm para tornillos M16 y M24.

3 mm para tornillos M27 y más grandes.

Puede ser que se especifiquen agujeros con holguras más pequeñas que los normales.

### Secciones nominal y resistente a tracción de un tornillo

Debido a que los tornillos de una estructura metálica deben satisfacer la norma ISO 898/1, se muestran los diversos diámetros de los tornillos. El área de la espiga que se usa en las fórmulas de cálculo se representa por  $A$ :

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad (43)$$

El área de la parte roscada, denominada área resistente a tracción  $A_s$ , es:

$$A_s = \frac{\pi d_s^2}{4} \quad (44)$$

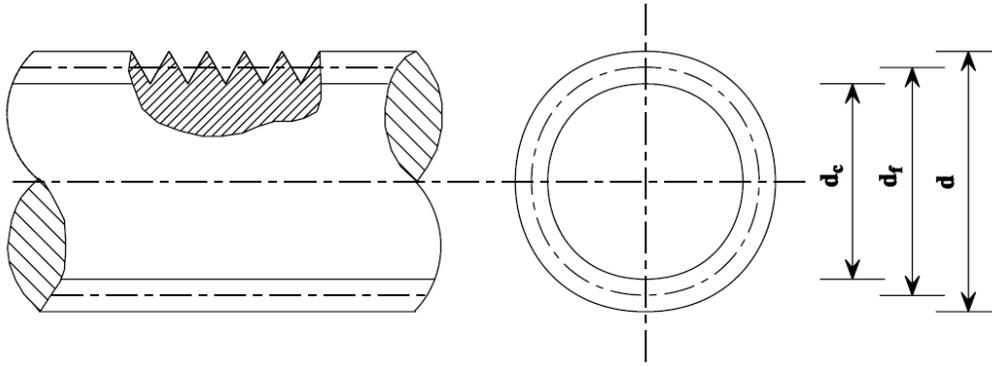


Figura 38. Diferentes diámetros de un tornillo. [27]

La siguiente tabla muestra los valores de  $A_s$  para los diámetros de tornillo más usuales:

Tabla 12. Áreas para tornillos métricos comerciales. [27]

Diámetro nominal $d_b$ (mm)	Área nominal $A$ (mm)	Área resistente a tracción $A_s$ (mm <sup>2</sup> )
8	50.3	36.6
10	78.5	58.0
12	113	84.3
14	154	115
16	201	157
18	254	192
20	314	245
22	380	303
24	452	353
27	573	459
30	707	561

### Resistencia a corte

La resistencia de cálculo a corte para un tornillo en condiciones normales, por plano de corte, es:

(a) Para el plano de corte que pasas a través de la parte roscada del tornillo:

$$F = \frac{0.6 f_u A_s}{F.S} \quad (45)$$

Para la resistencia en tornillos con clase 4.6, 5.6 y 8.8.

Donde:

$F$ =Fuerza permisible que soportara el tornillo

$F.S.$ =Factor de seguridad

$$F = \frac{0.5 f_u A_s}{F.S} \quad (46)$$

Para la resistencia en tornillos con clase 4.8, 5.8, 6.8 y 10.9.

(b) Para el plano de corte que pasa a través de la parte no roscada del tornillo:

$$F = \frac{0.6 f_u A_s}{F.S} \quad (47)$$

*Requisitos de separación entre tornillos*

*En placas, la distancia mínima al extremo  $e_1$  desde el centro de un agujero al extremo adyacente de cualquier pieza, no debe ser inferior a  $1.2 d_o$ , donde  $d_o$  es el diámetro del agujero.*

*En placas, la distancia mínima al borde  $e_2$ , desde el centro de un agujero hasta el borde adyacente de cualquier pieza, medida perpendicularmente a la dirección de la transmisión de carga, normalmente no debería ser inferior a  $1.5 d_o$ .*

*Las distancias máximas al extremo y al borde, cuando las placas están expuestas a las inclemencias del tiempo o a otras influencias corrosivas, la distancia máxima al extremo o al borde no debería sobrepasar  $40 \text{ mm} + 44t$ , donde  $t$  es el espesor de la placa más delgada conectada exteriormente.*

*La separación mínima entre tornillos  $P_1$  entre los centros de los mismos, en la dirección de la carga no debe ser inferior a  $2.2 d_o$ . La distancia  $P_2$  entre filas de tornillos, medida perpendicularmente a la dirección de la carga, normalmente no debería ser inferior a  $3.0 d_o$ .*

*La distancia centro a centro  $P_1$  en barras a tracción de los tornillos en filas internas puede ser  $28t$  o  $400\text{ mm}$ , siempre que la distancia  $P_1$  en la fila exterior a lo largo de cada borde no exceda la anterior.*

*En la figura (39), se indican las distancias mínimas, máximas y separaciones:*

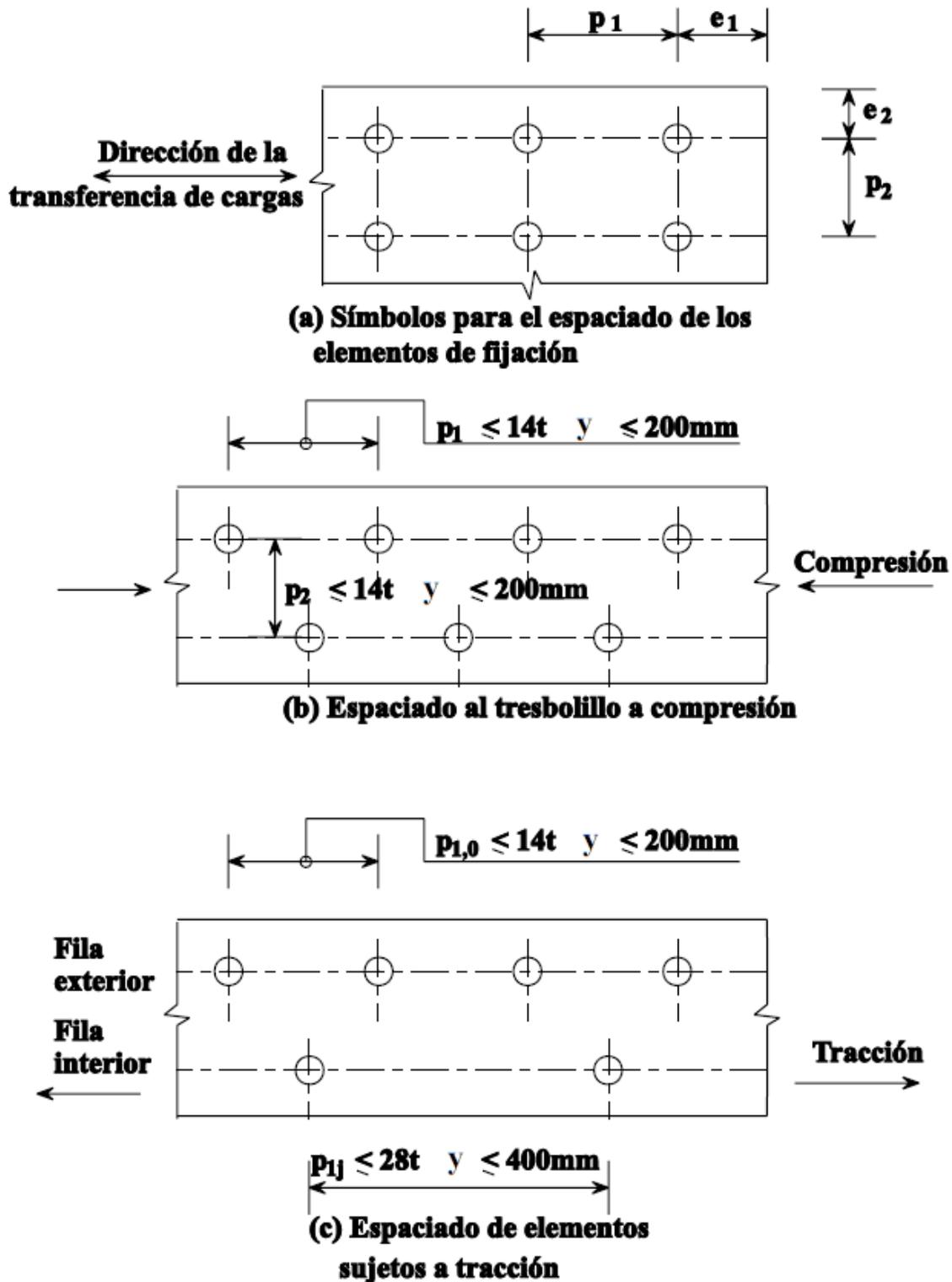


Figura 39. Requisitos de espaciado en tornillos. [27]

## Capítulo 4. Desarrollo del proyecto

### 4.1 Diseño de la placa base

Dentro de la estructura del contenedor de automóviles, se encuentra la placa base, la cual es la que soportará al automóvil en primera instancia. Como se ha citado antes, las placas consideradas para este elemento del contenedor de automóviles, son las placas de acero. De acuerdo a la clasificación de los aceros hecha por AHMSA, los aceros de alta resistencia son aquellos con un límite elástico mínimo de 45 ksi. Es el caso del acero ASTM A 572 50, el cual se clasifica de alta resistencia, con baja aleación y estructural, utilizado en vigas soldadas, puentes, edificios, torres eólicas, postes tronco-cónicos, entre otros.

El diseño de la placa base se muestra en la siguiente figura:

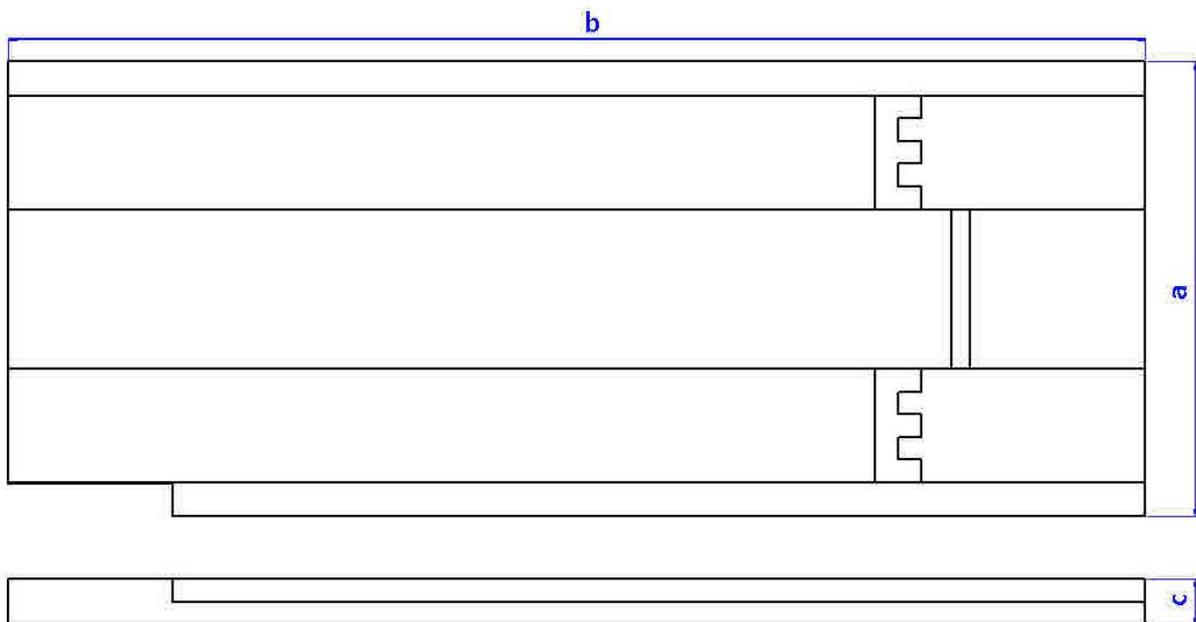


Figura 40. Vista superior y lateral izquierda de la placa base.

Donde:

$a$  = altura [m]

$b$  = base [m]

$c$  = ancho [m]

Para el diseño estático de la placa base, se considerara un volumen rectangular simple, como se ve en la figura 26:

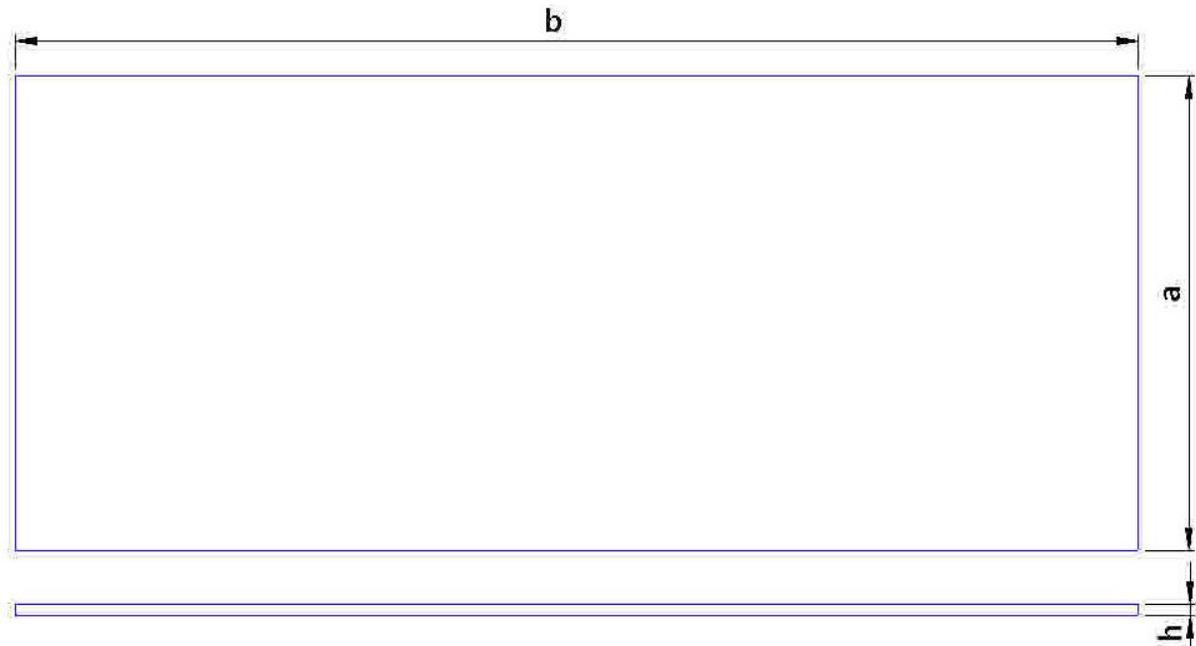


Figura 41. Vista superior y lateral izquierda de la placa base.

Donde:

$b$ =base de la placa (5m)

$a$ =ancho de la placa (2m)

$h$ = altura o espesor de la placa (m)

La placa base deberá soportar la masa del automóvil, la cual está siendo considerada de 1963 kg, esta masa es el valor máximo para la clasificación de automóviles Segmento C [17], los cuales son tipo sedán y no mayores en dimensiones a la placa base.

Teniendo la vista lateral izquierda de la placa base definimos dos puntos de apoyo donde estará aplicándose el peso del automóvil de acuerdo a la ubicación de los neumáticos del mismo, por lo que se utilizará esta vista para hacer el análisis de los esfuerzos sobre la placa y así poder determinar el espesor necesario para soportar la carga.

En la figura (42) se muestra el diagrama de fuerzas, de cortante y momento aplicado sobre la placa desde una vista lateral, para los siguientes datos:

$$m_{auto} = 1963kg$$

$$W_{auto} = (1963kg) (9.81 m/s^2) = 19257N$$

$$R_1 = R_2 = W_{auto}/2 = 9628.5N$$

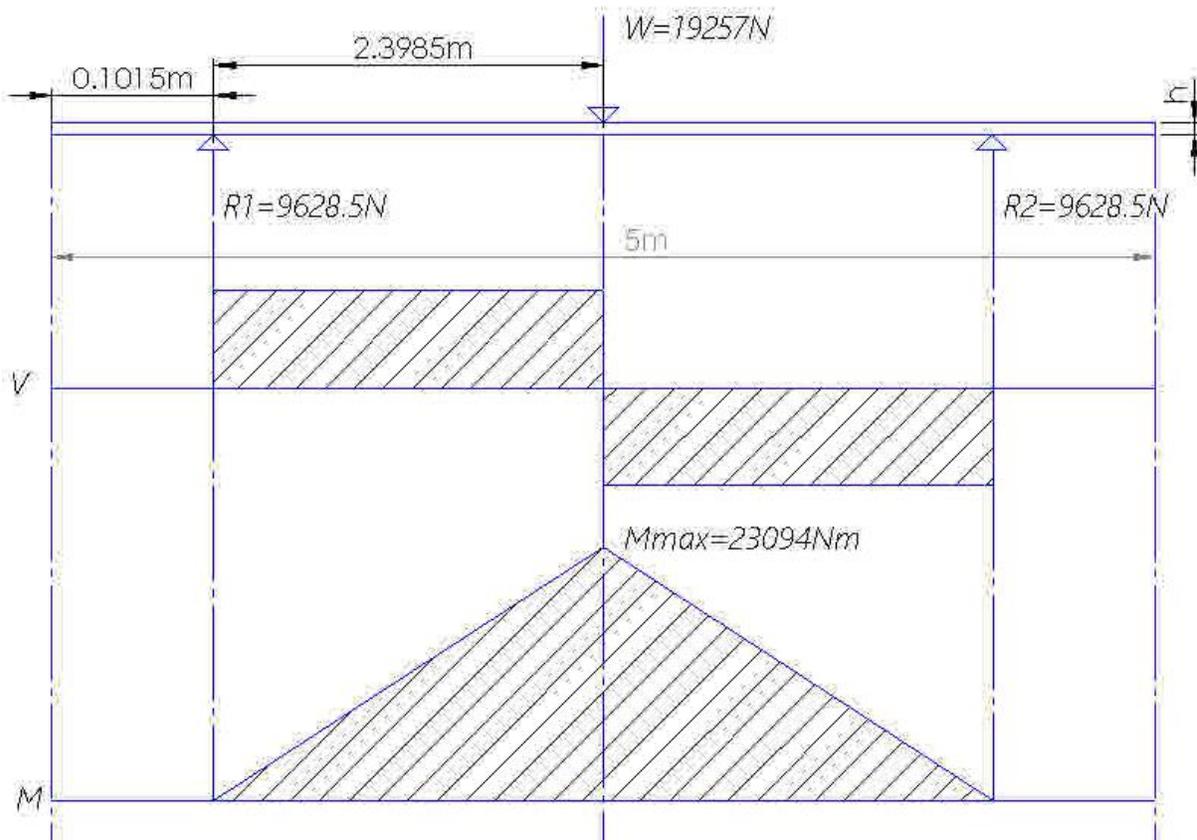


Figura 42. Diagrama de fuerzas, cortante y momento de la placa base.

Para un acero ASTM A 572 50, se tiene una resistencia a la fluencia  $S_y = 50 ksi = 344.7375MPa$ . De acuerdo a los esfuerzos de fluencia estáticos, de (4) y (5), se aplica un factor de seguridad de 4 para materiales dúctiles, tenemos que:

$$\sigma_a = \frac{S_y}{n} = \frac{344.7375MPa}{4} = 86.1844MPa$$

De (3) para una sección rectangular, se obtienen el modulo elástico de la sección y al considerar  $\sigma_d = \sigma_{max}$ :

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{max}} = \frac{23094 \text{ Nm}}{86.1844 \times 10^6 \text{ N/m}^2} = 2.6796 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

De una sección rectangular, sabemos que:  $S = \frac{1}{6}bh^2$ , por lo tanto:

$$h = \sqrt{\frac{6S}{b}} = \sqrt{\frac{6(2.6796 \times 10^{-4} \text{ m}^3)}{5\text{m}}} = 0.0179\text{m} = 0.7060''$$

El valor obtenido de  $h$ , será el espesor mínimo requerido para soportar la carga debido al peso de automóvil.

#### 4.2 Diseño Perfiles tipo canal CE

Se utilizarán diferentes tipos de perfiles estructurales, es el caso del perfil canal estándar, el cual estará soportando la placa base y así mismo será donde se fijen los perfiles tubulares. Es AHMSA quien mediante el "Catalogo de perfiles estructurales" [18], indica tablas de dimensiones, propiedades y especificaciones para cada uno de sus productos. Es el caso de los perfiles tipo canal CE, que se fabrican en acero grado dual ASTM A-36 / A-572-50, el cual tiene un límite elástico mínimo de 50 ksi. Para el diseño de este perfil, se consideran dos puntos de aplicación de la carga del automóvil sobre una vista lateral del canal CE.

De la siguiente forma:

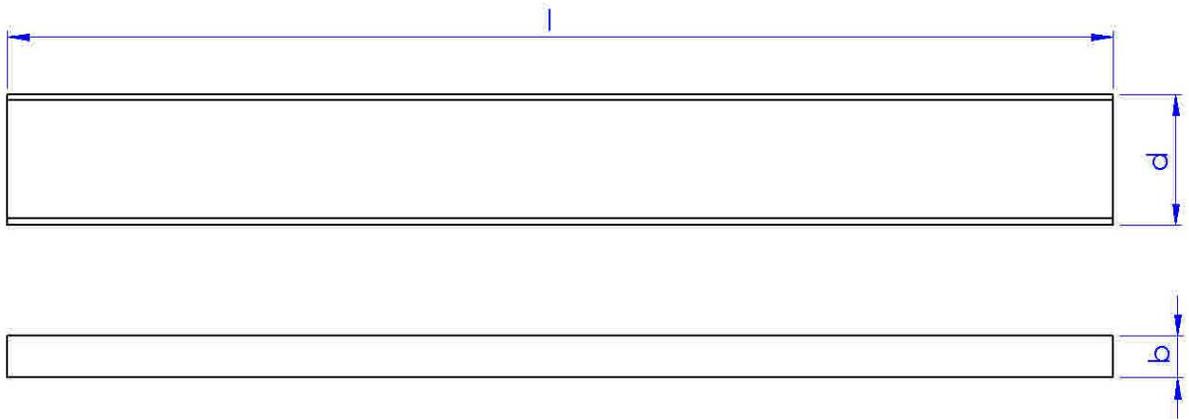


Figura 43. Vista inferior y lateral izquierda del canal C.

Donde:

$l$ =longitud [m]

$d$ =peralte [m]

$b$ =patín [m]

En la figura (44) se muestra el diagrama de fuerzas, cortante y momento aplicado sobre la placa desde una vista lateral, considerando que se utilizaran dos perfiles, se divide la masa del automóvil, se tiene lo siguiente:

$$m_{auto} = 1963 \text{ kg} / 2 = 981.5 \text{ kg}$$

$$W_{auto} = (981.5 \text{ kg}) (9.81 \text{ m/s}^2) = 9628.515 \text{ N} , \text{ en dos puntos de apoyo.}$$

$$R_1 = R_2 = W_{auto} / 2 = 4814.25 \text{ N}$$

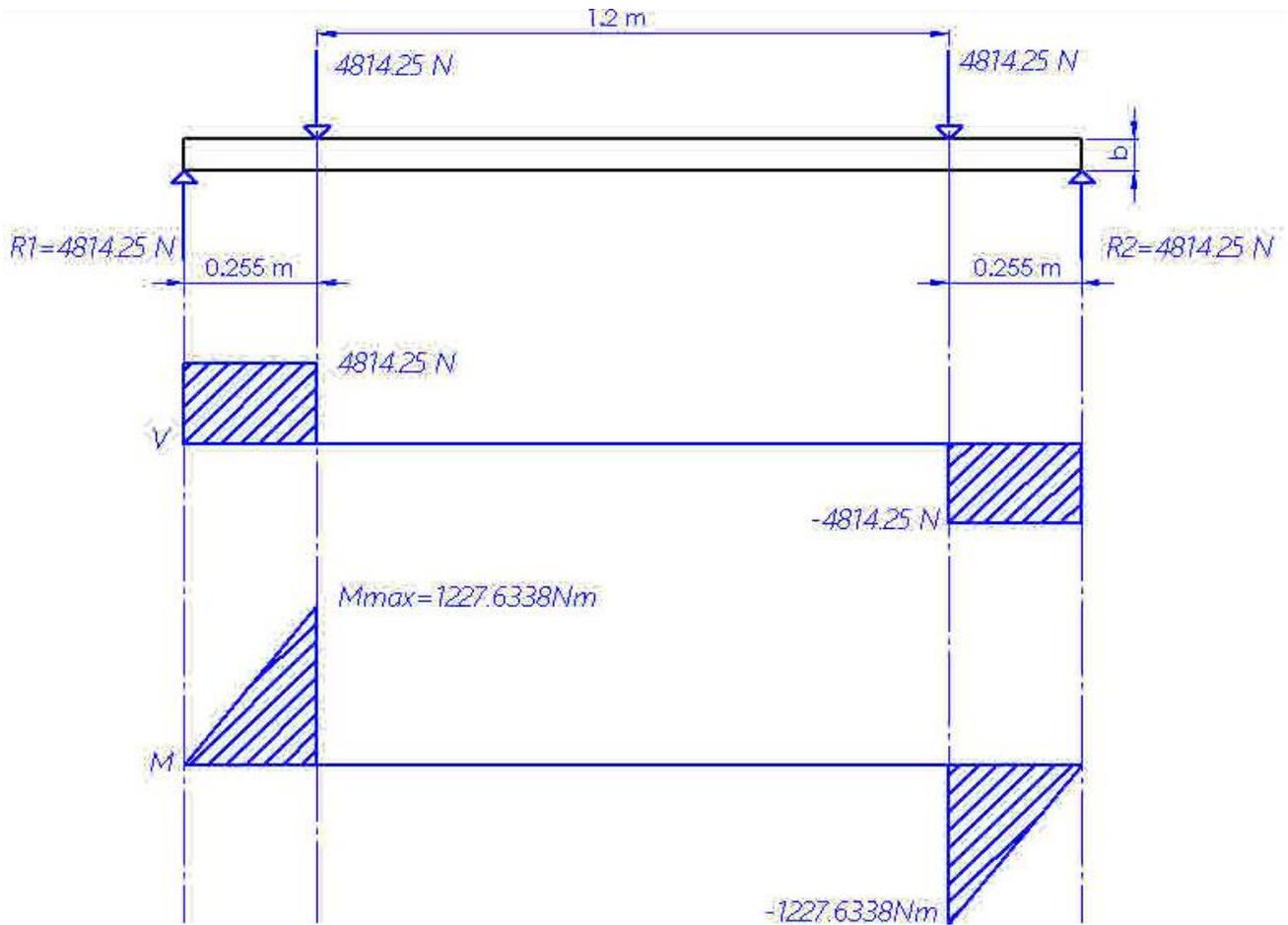


Figura 44. Diagrama de fuerzas, cortante y momento del canal C.

Para un acero ASTM A-36 / A-572-50, se tiene una resistencia a la fluencia  $S_y = 50 \text{ ksi} = 344.7375 \text{ MPa}$ . De acuerdo a los esfuerzos de fluencia estáticos, de las (4) y (5), y aplicando un factor de seguridad de 4 para materiales dúctiles, se tiene:

$$\sigma_d = \frac{S_y}{n} = \frac{344.7375 \text{ MPa}}{4} = 86.1844 \text{ MPa}$$

De (3) se obtiene el modulo elástico de la sección y al considerar  $\sigma_d = \sigma_{max}$ , se tiene:

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{max}} = \frac{1227.6338 \text{ Nm}}{86.1844 \times 10^6 \text{ N/m}^2} = 1.4233 \times 10^{-5} \text{ m}^3 = 14.2443 \text{ mm}^3 / 10^3$$

El valor de  $S$  calculado, será el valor mínimo requerido para la sección del perfil de tipo canal C.

### 4.3 Diseño de los tubos circular OC

Dentro de la estructura de la góndola, se tendrán 4 tubos circulares del Tipo OC, los cuales estarán fijados en cada uno de los extremos a los perfiles del canal CE, mediante unas placas para unión y en el otro extremo a un perfil cuadrado OR, para así soportar el peso del automóvil. Las características, propiedades y dimensiones de este tipo de perfil, han sido consideradas de acuerdo al Manual de construcción en acero IMCA [11]. Los tubos circulares OC se fabrican en acero ASTM A-53 mediante soldadura por resistencia eléctrica, con un esfuerzo de fluencia mínimo de  $S_y = 2460 \text{ kg/cm}^2 = 241.2 \text{ MPa}$ , el cual se compara con el esfuerzo máximo que sufrirá el elemento seleccionado.

El diseño del tubo circular, se tiene como lo muestra la siguiente imagen:

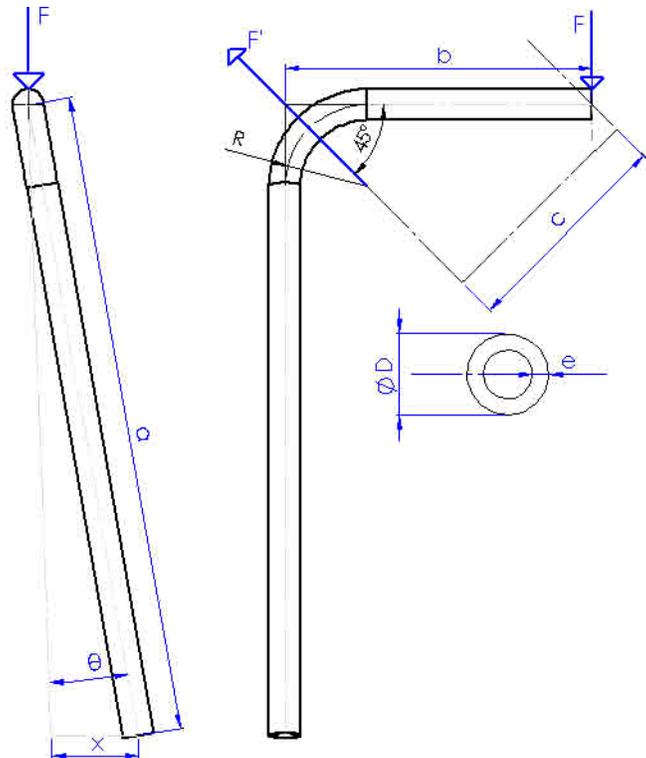


Figura 45. Diseño del tubo circular OC.

Donde:

$\Theta$ =ángulo de fijación del tubo circular (9.93°).

$a$ =longitud diagonal (1.5614 m)

$b$ =longitud horizontal (0.6914 m)

$c$ =longitud paralela a la cara del punto crítico (0.5303 m)

$x$ =separación entre extremos (0.2693 m)

$D$ = diámetro exterior del tubo (0.073 m)

$e$ =espesor del tubo (0.0070 1m)

$R$ =radio de curvatura (0.200 m)

$$F = W_{\text{auto}/4} = 4814.25 \text{ N}$$

En la figura 45 se observa cómo se aplica una parte del peso del automóvil sobre el extremo superior del tubo circular, el cual provocara un esfuerzo máximo sobre el punto crítico, el cual está ubicado en el pliegue del tubo. Mediante el diseño de transformación de esfuerzos, se trasladará la carga, paralela a la cara de la sección donde se encuentra este punto en particular, así como las reacciones provocadas debido a la misma.

Se traslada la fuerza  $F$  al punto crítico, y se obtiene su componente paralela a la sección transversal:

$$F = 4814.25 \text{ N}$$

$$F' = \frac{4814.25 \text{ N}}{\cos(45^\circ)} = 6808.38 \text{ N}$$

Debido a la fuerza paralela  $F'$ , se tendrá un par torsor sobre la cara y un momento flector sobre el eje  $x$ :

$$T = (6808.38 \text{ N})(0.2693 \text{ m}) = 1833.5 \text{ Nm}$$

$$M = (6808.38 \text{ N})(0.5303 \text{ m}) = 3610.48 \text{ Nm}$$

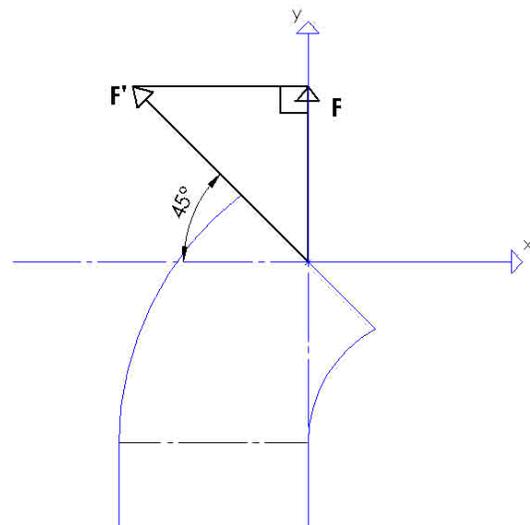


Figura 46. Componente de la fuerza sobre la cara del punto crítico.

Por lo tanto, la fuerza paralela, el par torsor y el momento flector sobre los nuevos ejes ubicados en la cara de la sección crítica, serán:

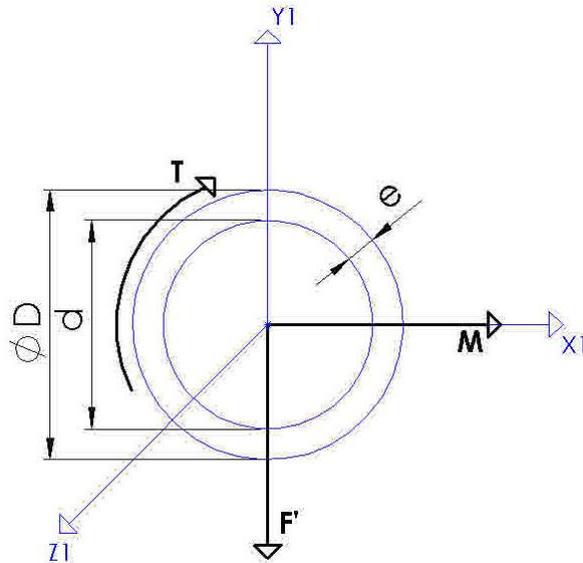


Figura 47. Sistema de par de fuerzas sobre la sección transversal.

De acuerdo a la convención de signos de la figura 20 y la ubicación de la fuerza sobre la sección transversal del punto crítico, se tienen los siguientes esfuerzos:

-Para una sección circular hueca propuesta, de acuerdo a la geometría necesaria:

$D$  = diámetro exterior del tubo (0.073 m)

$e$  = espesor del tubo (0.00701 m)

$d$  = diámetro interior del tubo (0.05898 m)

$c = c_2 = 0.0761 \text{ m} / 2 = 0.0365 \text{ m}$

$c_1 = 0.05898 \text{ m} / 2 = 0.02949 \text{ m}$

-Momento de inercia y Momento polar de Inercia:

$$I = \frac{1}{4} \pi (c_2^4 - c_1^4) = \frac{1}{4} \pi [(0.0365 \text{ m})^4 - (0.02949 \text{ m})^4] = 7.99 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$J = \frac{1}{2} \pi (c_2^4 - c_1^4) = \frac{1}{2} \pi [(0.0365 \text{ m})^4 - (0.02949 \text{ m})^4] = 1.6 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

De acuerdo a (6) y (7) se obtienen los siguientes esfuerzos:

$$\sigma_x = 0$$

$$\sigma_y = \frac{Mc}{I} = \frac{(3610.48 \text{ Nm})(0.0365 \text{ m})}{(7.99 \times 10^{-7} \text{ m}^4)} = 164.73 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{Tc}{J} = \frac{(1833.5 \text{ Nm})(0.0365 \text{ m})}{(1.6 \times 10^{-6} \text{ m}^4)} = 41.8271 \text{ MPa}$$

Por medio de (10), se obtiene el ángulo que giraran los ejes, para ubicar los planos principales será:

$$\tan 2\theta_p = \frac{2 \tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} = \frac{2(41.8271 \text{ MPa})}{(0 - 164.73 \text{ MPa})} = -0.5078$$

$$\theta_p = -13.46 \text{ } 13^\circ \quad \text{y} \quad 76.5387^\circ$$

Los valores de los esfuerzos máximos y mínimos en los planos principales serán:

$$\begin{aligned} \sigma_{max.min} &= \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \\ &= \frac{0 + 164.73 \text{ MPa}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{0 - 164.73 \text{ MPa}}{2}\right)^2 + (41.8271 \text{ MPa})^2} \end{aligned}$$

$$\sigma_{max.min} = 82.365 \text{ MPa} \pm 92.3769 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max} = 174.742 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{min} = -10.0119 \text{ MPa}$$

Estos valores serán los máximos y mínimos que resistirá el tubo circular OC, de acuerdo a las dimensiones seleccionadas.

#### 4.4 Diseño de perfiles OR

Otro de los tipos de perfil, serán los perfiles OR, los cuales son de sección cuadrada. De acuerdo al "Manual de construcción en acero" de IMCA, es quien nos especifica las dimensiones, propiedades y materiales de los perfiles tubulares. Los tubos OR se fabrican en acero ASTM A-500 formado en frío, con un esfuerzo de fluencia mínimo de  $S_y = 4360 \text{ kg/cm}^2 = 427.53 \text{ MPa}$ , el cual se utiliza para obtener el momento máximo que puede soportar el perfil.

De acuerdo a las cargas, el diseño de perfil OR, será:

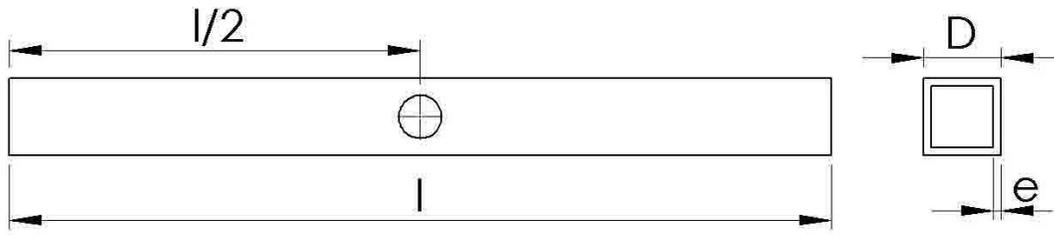


Figura 48. Perfil tubular OR

Donde:

$l$ =longitud del perfil (1.7035 m)

$D$ =tamaño del perfil (0.178 m)

$e$ =espesor (0.0127 m)

En la figura (49), se muestra el diagrama de fuerzas, cortante y momento aplicado sobre el perfil tubular OR, se consideran dos perfiles tubulares para soportar el peso del automóvil, por lo que se tiene lo siguiente:

$$W_{auto} = 19257 \text{ N}$$

$$F = W_{auto/2} = 19257 \text{ N} / 2 = 9628.5 \text{ N}$$

$$F' = W_{auto/2} / 2 = 9628.5 \text{ N} / 2 = 4814.25 \text{ N}$$

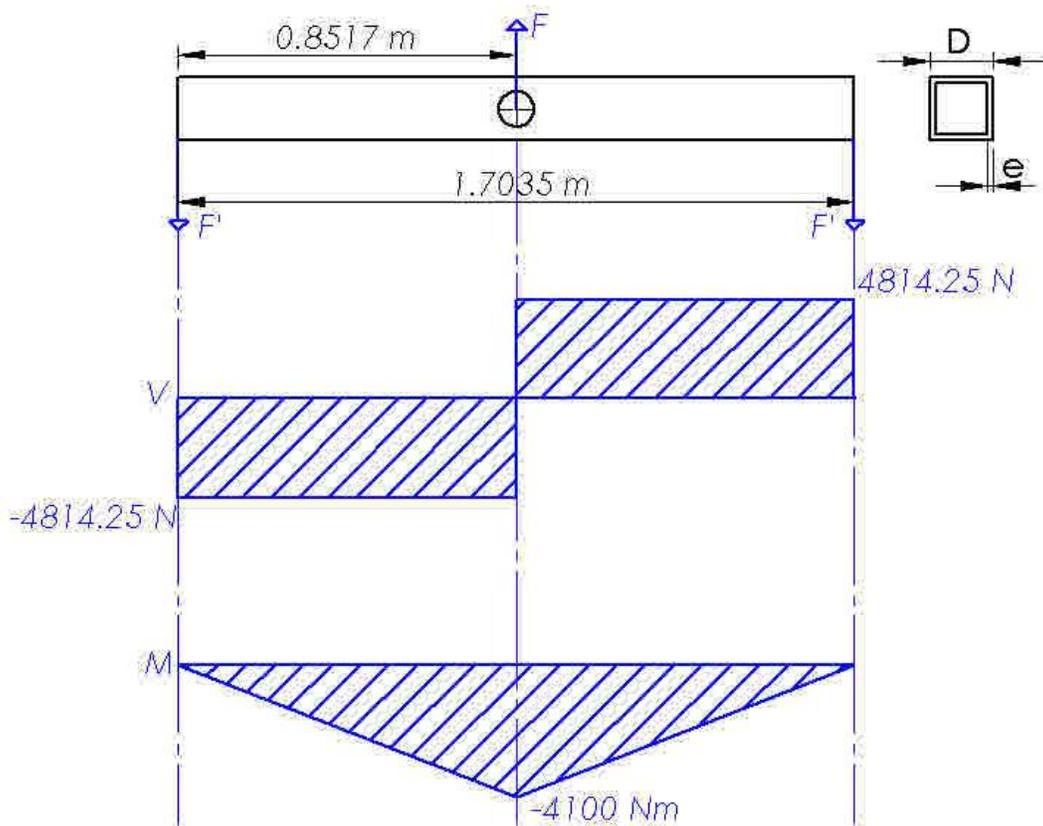
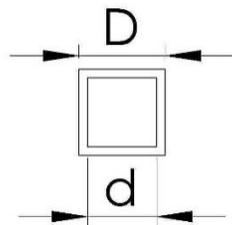


Figura 49. Diagrama de fuerzas, cortante y momento en el perfil OR.

Para un acero ASTM A-500, se tiene una resistencia a la fluencia de  $S_y = 4360 \text{ kg/cm}^2 = 427.53 \text{ MPa}$ . De acuerdo a los esfuerzos de fluencia estáticos de (4) y (5), y aplicando un factor de seguridad de 4 para materiales dúctiles, se tiene:

$$\sigma_d = \frac{S_y}{n} = \frac{427.53 \text{ MPa}}{4} = 106.8825 \text{ MPa}$$

Por las propiedades geométricas de la sección transversal, tenemos para una sección cuadrada hueca:



$$I = \frac{1}{12}D^4 - \frac{1}{12}d^4$$

$$I = \frac{1}{12}[(0.178)^4 - (0.1526)^4]$$

$$I = 3.8466 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

Figura 50. Sección transversal perfil OR.

De (2), se obtiene el momento máximo que puede soportar el material:

$$M = \frac{I}{c} \sigma_a = \left( \frac{3.8466 \times 10^{-5} \text{ m}^4}{0.178 \text{ m} / 2} \right) \left( 106.88 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right) = 46187.65 \text{ Nm}$$

#### 4.5 Diseño del perfil circular OC de carga

El diseño de este perfil de carga será el principal, ya que por medio de él, se estarán soportando todos los elementos contenidos en los diseños anteriores, así también como el peso considerado del automóvil.

Los elementos principales de los cuales se considerara su peso, debido a que afectan al diseño de este perfil, son; la placa base, 4 perfiles tubulares OC, 2 perfiles tubulares OR, 2 perfiles de canal CE y el propio peso del automóvil. Para conocer los pesos de cada elemento seleccionado, revisar los apéndices de cada uno de ellos.

Tabla 13. Pesos de los elementos contenidos en la góndola.

Peso automóvil	
$m_{\text{auto}} = 1963 \text{ kg}$	$W_{\text{auto}} = 19257 \text{ N}$
Peso placa base ¾"	
$m_{\text{placa}} = 149.74 \text{ kg/m}^2$	$A_{\text{placa}} = (5\text{m})(2\text{m}) = 10\text{m}^2$
$m_{\text{Aplaca}} = 1497.4 \text{ kg}$	$W_{\text{placa}} = 14689.67 \text{ N}$
Peso tubos OC 73 mm x 7.01 mm	
$m_{\text{tubo}} = 11.41 \text{ kg/m}$	$l = 2.25 \text{ m}$
$m_{\text{4tubos}} = 102.69 \text{ kg}$	$W_{\text{4tubos}} = 1007.39 \text{ N}$
Peso tubos cuadrados OR 178 mm x 12.7 mm	
$m_{\text{tubo}} = 62.58 \text{ kg/m}$	$l = 1.70 \text{ m}$
$m_{\text{2tubos}} = 212.772 \text{ kg}$	$W_{\text{2tubos}} = 2087.29 \text{ N}$
Peso canales tipo CE C 200 x 27.9	
$m_{\text{canal}} = 27.9 \text{ kg/m}$	$l = 1.71 \text{ m}$
$m_{\text{2canales}} = 95.418 \text{ kg}$	$W_{\text{2canales}} = 936.05 \text{ N}$

De acuerdo a la tabla 9, se tendrá lo siguiente:

$$W_{gondola} = W_{placa} + W_{4tubosOC} + W_{2tubosOR} + W_{2canalesCE} = 18720 \text{ N}$$

$$W_{Total} = W_{gondola} + W_{auto} = 37977 \text{ N}$$

Considerando un exceso del 25% por seguridad:

$$W_{Total} = 37977 \text{ N} + 25\%W_{Total} = 47471.25 \text{ N}$$

Este peso total, será el que deberá soportar el perfil circular, por lo que se tendrá el siguiente diseño:

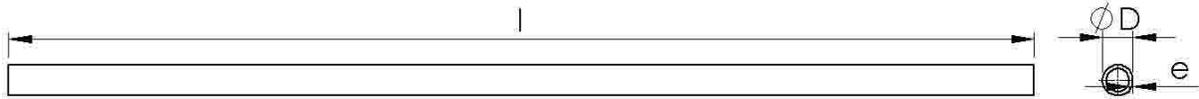


Figura 51. Vista lateral y frontal del perfil OC de carga.

Donde:

$l$ =longitud del perfil (3m)

$D$ =Diámetro exterior (m)

$e$ =espesor (m)

En la figura 52 se muestra el diagrama de fuerzas, cortante y momento a los que está sometido el perfil circular debido al peso de la góndola y el automóvil, se consideraran dos puntos de apoyo en el perfil circular, por lo que se tiene lo siguiente:

$W_{Total} = 47471.25 \text{ N}$ , en dos puntos de apoyo

$$F = W_{Total}/2 = 23735.625 \text{ N}$$

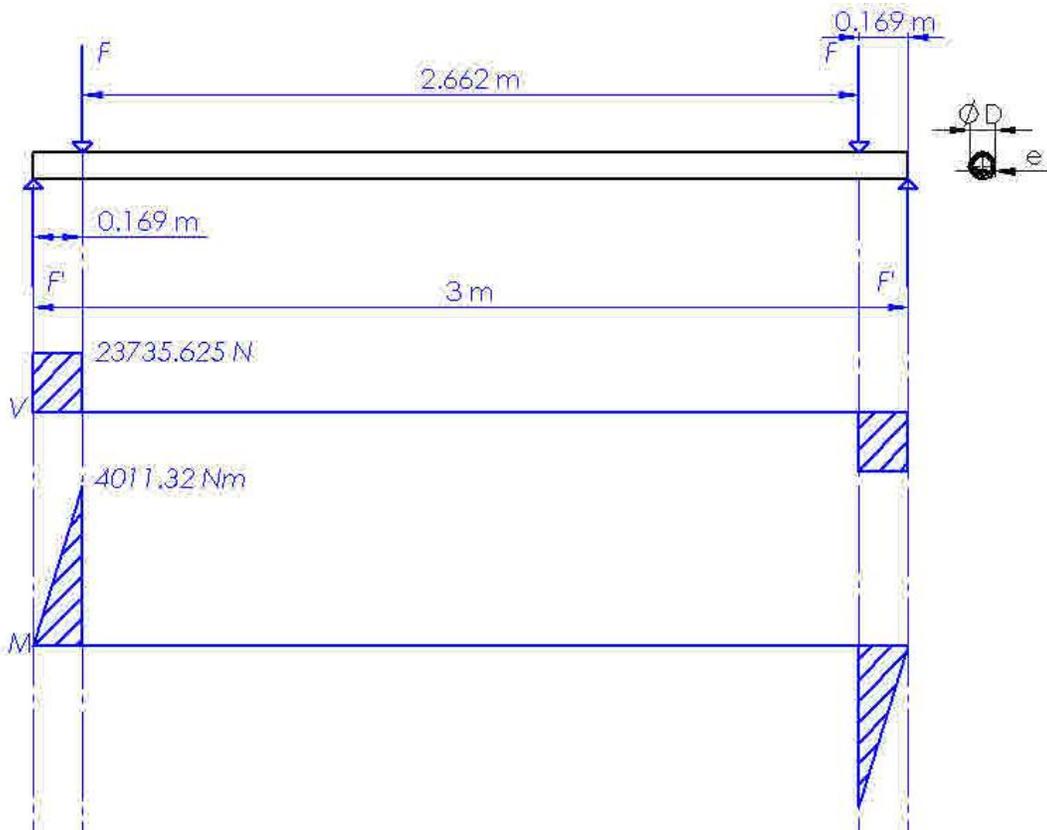


Figura 52. Diagramas de fuerza, cortante y momento del perfil OC de carga.

Para un acero ASTM A 53 para el cual se fabrican los tubos OC de acuerdo al Manual de construcción en acero de IMCA se tiene una resistencia a la fluencia  $S_y = 2460 \text{ kg/cm}^2 = 241.2 \text{ MPa}$ . De acuerdo a las ecuaciones 4 y 5, y aplicando un factor de seguridad de 4 para materiales dúctiles, se tiene lo siguiente:

$$\sigma_d = \frac{S_y}{n} = \frac{241.2 \text{ MPa}}{4} = 60.31 \text{ MPa}$$

De 3, se obtiene el módulo elástico de la sección y al considerar  $\sigma_d = \sigma_{max}$ , se tiene:

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{max}} = \frac{4011.32 \text{ Nm}}{60.31 \times 10^6 \text{ N/m}^2} = 6.6511 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

El valor  $S$  calculado, será el valor mínimo requerido para la sección del tubo circular OC.

#### 4.6 Diseño de la rueda dentada del trinquete.

Para el diseño de esta rueda dentada, primordialmente se necesitará conocer la magnitud de la fuerza con la que trabajara el mecanismo de sujeción. Esta fuerza será la necesaria para mover al automóvil de manera horizontal, si es que tuviera algún movimiento dentro de la góndola. El mecanismo de sujeción tendrá que vencer esta fuerza y así impedir que el automóvil tenga movimiento. En el marco teórico de este proyecto se mostró como obtener la fuerza de rozamiento, la cual es considerada como la que está actuando sobre una rueda, la cual se somete a la carga de un cierto peso. Se utiliza un coeficiente de resistencia al rodamiento de 0.03 para neumáticos sobre carreteras, por lo tanto de (15) obtenemos:

$$F = \mu_r W = (0.03)(19257 N) = 577.71 N$$

Algunas de las características de un engrane exterior serán muy similares para una rueda de dentado interno, por lo que se tiene el siguiente diseño:

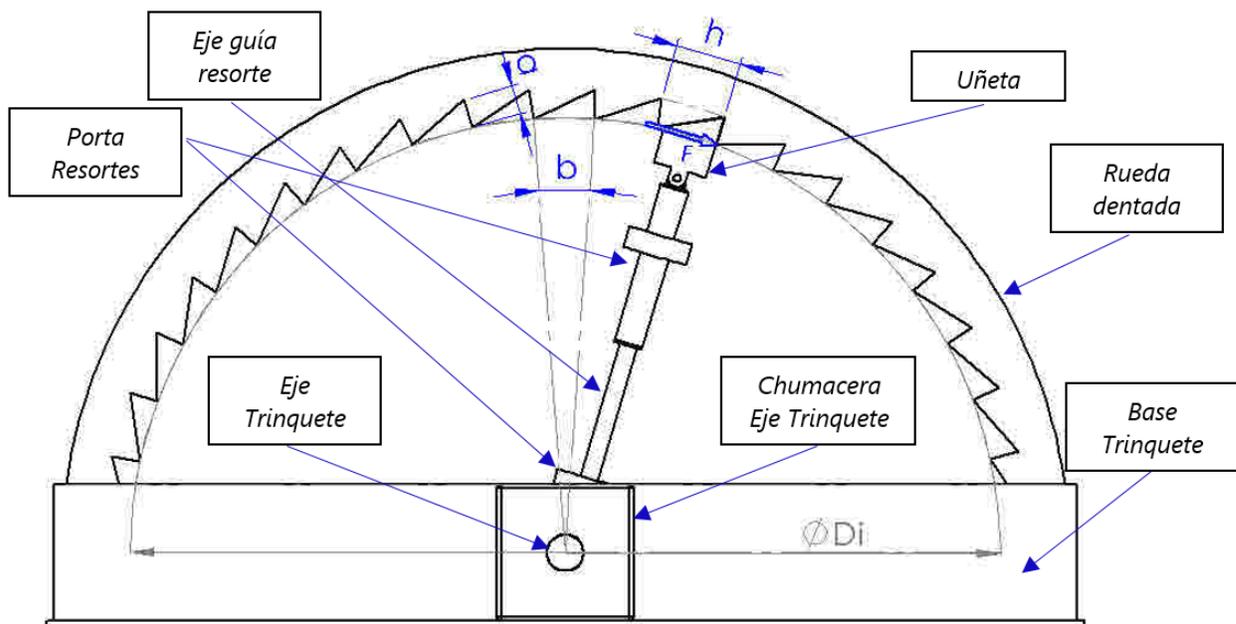


Figura 53. Rueda de dentado interior de Trinquete.

Donde:

$$a = 20.0374 \text{ mm}$$

$$D_i = 60.455 \text{ mm}$$

$$b = p = \frac{\pi D_i}{N} = \frac{\pi (0.60455 \text{ m})}{44} = 0.04316 \text{ m} = 43.16 \text{ mm}$$

Se selecciona un acero AISI 1040, debido a que es un acero normalmente usado para engranes, el cual tiene una resistencia a la fluencia  $S_y = 290 \text{ MPa}$ . De acuerdo a (4) y (17), se tiene la siguiente relación para obtener la longitud paralela mínima del diente.

$$\frac{6 F a}{b h^2} = \frac{S_y}{n}$$

Para  $n=3$ ;

$$h = \sqrt{\frac{18 F a}{b S_y}} = \sqrt{\frac{18(577.71 \text{ N})(0.0200 \text{ m})}{(0.0431 \text{ m})(290 \times 10^6 \text{ N/m}^2)}} = 4.0791 \text{ mm}$$

Este valor de  $h$ , será el mínimo requerido para soportar la fuerza aplicada. El diente de la rueda dentada, también deberá diseñarse bajo la consideración de esfuerzo cortante, por lo que mediante (19), se tiene:

$$\tau_{adm} = \frac{0.4 S_y}{n} = \frac{0.4(290 \text{ MPa})}{3} = 38.66 \text{ MPa}$$

Dentro del diseño de la rueda de trinquete en la figura 53, se han incluido otros componentes, estos soportarán y se acoplarán con la rueda dentada, como es el caso de los siguientes elementos:

*Base trinquete*

Esta pieza no estará sometida a esfuerzos altos, por lo que se recomienda que sea fabricada por fundición hierro gris ASTM A48, con las dimensiones que se especifican en el dibujo técnico T 01.

### Eje trinquete

Se necesitará un movimiento rotacional para girar el conjunto de la uñeta y así se asegure en la rueda dentada, por lo que por medio de un eje macizo de acero de la empresa INA, se elige con las siguientes características.

Diámetro = 1 " = 25.4 mm

Calidad WZ

Longitud (- a 400 mm) = 220.2 mm

$d_{LW} = 25.4 \text{ mm}$

Extremos de ejes número 6 (Ranura perfilada)

### 4.7 Diseño del resorte para el trinquete.

En el diseño del resorte, se toma en cuenta el tipo de resortes helicoidales de compresión, para lo que se tendrán las siguientes consideraciones de acuerdo a las dimensiones requeridas para el mecanismo de sujeción en el trinquete, así como la fuerza estimada que necesitara aplicar el usuario para vencer la oposición del resorte. Se consideran las siguientes dimensiones de diseño, de acuerdo al catálogo de resortes de compresión de Century con el número de producto 3283, el cual tiene las siguientes características:

$L_f = 203.2 \text{ mm}$

Alambre de acero ASTM A227, estirado

$D_w = 3 \text{ mm}$

en frío  $G = 79.3 \text{ GPa}$

$DE = 32.16 \text{ mm}$

$N = 23$

$DI = 26.1 \text{ mm}$

$N_a = 23 - 2 = 21$

Se considera una fuerza de aplicación de 147.15 N, debida a la aplicación de una masa aproximada de 15 kg.

El alambre es de acero ASTM A227, por lo que se tiene:

Diámetro medio

$$D_m = DE - D_w = 32.16 \text{ mm} - 3 \text{ mm} = 29.16 \text{ mm}$$

Índice de resorte

$$C = \frac{D_m}{D_w} = \frac{29.16 \text{ mm}}{3 \text{ mm}} = 9.72$$

Factor de Wahl

$$K = \frac{4C - 1}{4C - 4} + \frac{0.615}{C} = \frac{[4(9.72) - 1]}{[4(9.72) - 4]} + \frac{0.615}{9.72}$$

$$K = 1.1493$$

Esfuerzo en el resorte cuando  $F = F_o = 147.15 \text{ N}$ :

$$\tau_o = \frac{8 K F_o C}{\pi D_w^2} = \frac{8(1.1493)(147.15 \text{ N})(9.72)}{\pi(0.003 \text{ m})^2} = 465.1120 \times 10^6 \text{ N/m}^2 = 465.1120 \text{ MPa}$$

Deflexión con la fuerza de operación del resorte, desde la longitud libre hasta la longitud de operación:

$$f_o = \frac{8 F_o C^3 N_a}{G D_w} = \frac{8(147.15 \text{ N})(9.72)^3(21)}{(79.3 \times 10^9 \text{ N/m}^2)(0.003 \text{ m})} = 0.0954 \text{ m}$$

La longitud de operación será:

$$L_o = L_f - f_o = 0.2032 \text{ m} - 0.0954 \text{ m} = 0.1078 \text{ m}$$

Longitud comprimida del resorte:

$$L_s = D_w N = 0.003 \text{ m}(23) = 0.069 \text{ m} = 69 \text{ mm}$$

Constante del resorte:

$$k = \frac{F_o}{f_o} = \frac{147.15 \text{ N}}{0.0954 \text{ m}} = 1542.45 \text{ N/m}$$

Fuerza para la longitud comprimida:

$$F_s = k(L_f - L_s) = (1542.45 \text{ N/m})(0.2032 \text{ m} - 0.069 \text{ m}) = 206.9967 \text{ N}$$

Esfuerzo en la longitud comprimida:

$$\tau_s = \tau_o \left( \frac{F_s}{F_o} \right) = (465.1120 \times 10^6 \text{ N/m}^2) \left( \frac{206.99 \text{ N}}{147.15 \text{ N}} \right) = 654.41 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

El esfuerzo de diseño  $\tau_d$ , de la figura 28, se encuentra en la gráfica de esfuerzo en función del diámetro del alambre, para acero ASTM A227 y diámetro de 3 mm.

Se puede usar la curva de servicio promedio, la cual nos da un esfuerzo de diseño  $\tau_d = 760 \text{ MPa}$ .

Se puede observar que:

$$\tau_o < \tau_d \qquad 465.1120 \text{ MPa} < 760 \text{ MPa}$$

Como el esfuerzo real de operación  $\tau_o$  es menor que este valor, es satisfactorio.

Para el esfuerzo máximo permisible  $\tau_{max}$ , se recomienda utilizar la curva de servicio ligero. Para  $D_w = 3mm$ , se tiene un  $\tau_{max} = 825 MPa$ . El esfuerzo máximo esperado que existe en la longitud comprimida  $\tau_S = 654.41 MPa$  es menor que este valor, y en consecuencia el diseño es satisfactorio respecto a los esfuerzos.

$$\tau_S < \tau_{max}$$

$$654.41 MPa < 825 MPa$$

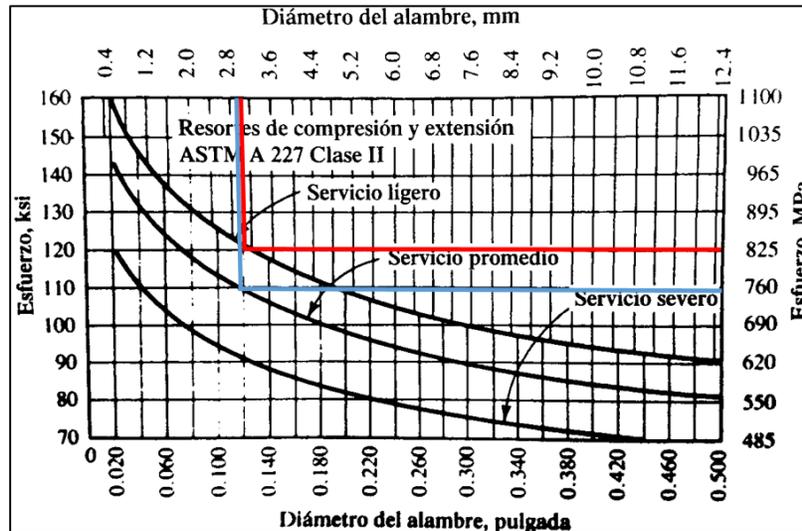


Figura 54. Esfuerzos en resortes de acero ASTM A227.

#### 4.8 Diseño de elementos de unión.

##### 4.8.1 Placa de unión

Se utilizara una placa que estará sometida a carga axial, la cual estará fija al perfil tubular circular OC plegado en un extremo y en el otro a una placa base doblada, esta placa a diseñar, tiene que ser fabricada de un acero de alta resistencia, de acuerdo al "Manual de diseño para la construcción con acero" de AHMSA, especifica calibres de acero para placas de acero, en particular la clasificación de aceros de alta resistencia, los cuales tienen un límite elástico mínimo de 45 ksi. El diseño de la placa de unión, será el siguiente:

Donde:

$l$ =longitud de la placa

$a$ =base de apoyo

$b$ =ancho de la placa

$e$ =espesor

$R$ =radio

$d$ =diámetro de barrenos

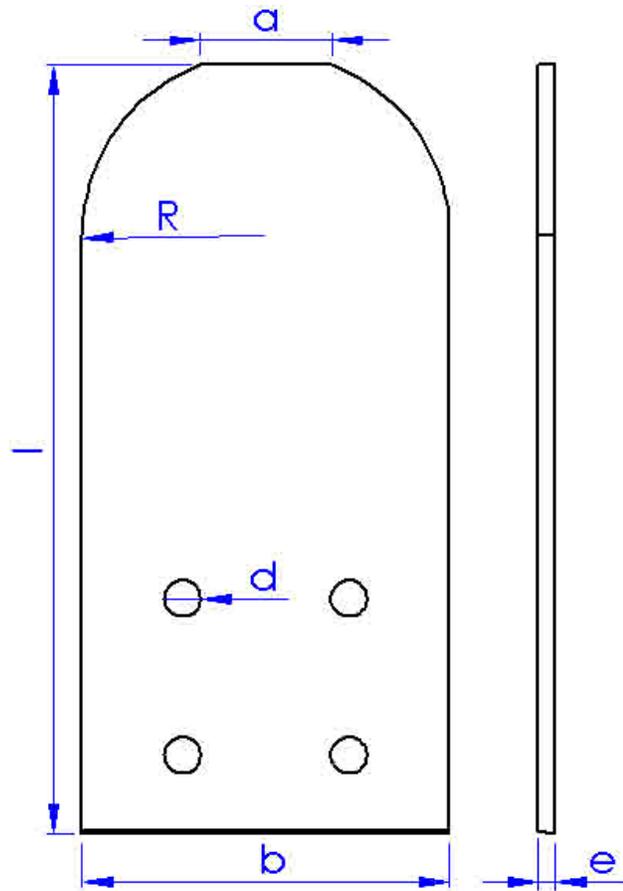


Figura 55. Elemento de unión.

El diseño de esta placa es debido a que se somete a una carga axial, al estar en unión con el perfil circular OC, la carga será la misma a la que se somete este elemento, la cual es una fracción del peso del automóvil. Por lo tanto se analizará bajo el concepto de concentración de esfuerzos, considerando que la placa tendrá 4 tornillos, para así también unirla hacia una base.

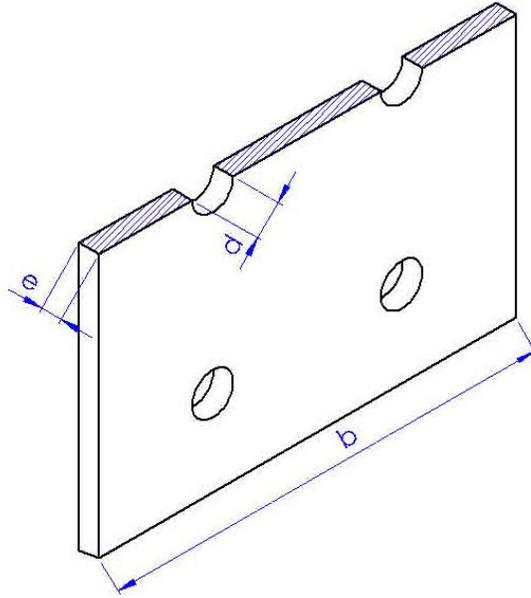


Figura 56. Área transversal crítica del elemento de unión.

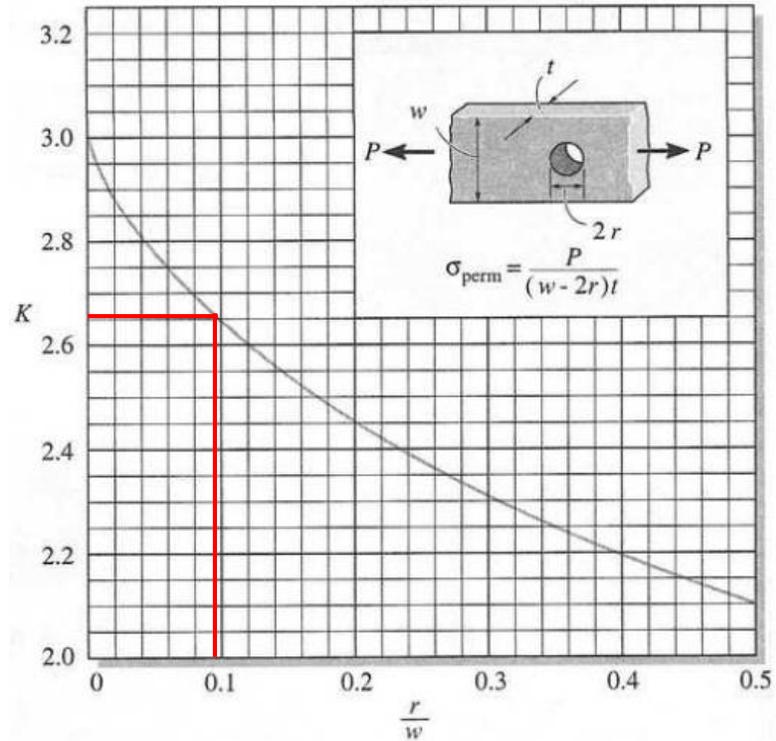
La sección transversal sombreada de la figura 56, será el área crítica donde se estará concentrando el esfuerzo, ya que el área se disminuye con respecto a los dos barrenos, área donde de manera normal, estará aplicada la fuerza axial correspondiente. La fuerza axial transmitida en esta placa de unión, será aquella fracción del peso del automóvil que pasa por el perfil circular OC doblado,  $F = 4814.25 \text{ N}$ . El diámetro propuesto de los barrenos es de 20 mm, para así poder encontrar un factor  $K$  de concentración de esfuerzos en la sección transversal, de la siguiente manera:

$d=20 \text{ mm}$   
 $b=203 \text{ mm}$   
 $e= 9.5 \text{ mm}$

Por lo tanto, para dos  
 barrenos:

$$\frac{r}{w} = \frac{2(10 \text{ mm})}{203 \text{ mm}} = 0.0985$$

$$K = 2.65$$



Los esfuerzos promedio y permisible estarán dados de acuerdo a (12) y (13):

$$\sigma_{prom} = \frac{P}{A}$$

$$\sigma_{perm} = K \times \sigma_{prom}$$

Para un acero ASTM A572 50, con un esfuerzo elástico permisible de  $\sigma_{perm} = 50 \text{ ksi} = 344.7375 \text{ MPa}$  y para las 3 áreas sombreadas de la figura 56, se tiene una fuerza axial de:

$$P = \frac{(344.7375 \times 10^6 \text{ N/m}^2)(1.548 \times 10^{-3} \text{ m}^2)}{2.65} = 201.378 \text{ kN}$$

#### 4.8.2 Placa con pliegue para unión

Como se mencionó, para unir el perfil circular OC hacia los canales estándar CE, se utilizará un par de placas de unión, el siguiente diseño es de la placa con pliegue la cual estará fija al canal estándar CE y se ensamblará mediante tornillería a una segunda placa, la cual fue previamente diseñada en el apartado anterior. El diseño de la placa será el siguiente:

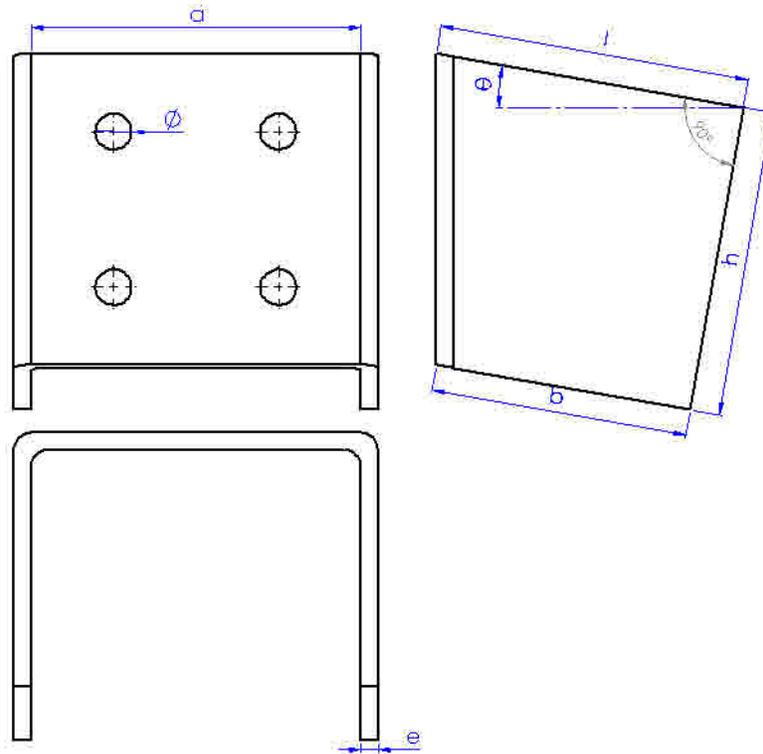


Figura 57. Vistas estándar de la placa con pliegue.

Donde:

$e$ =espesor de la placa

$h$ =altura del pliegue de la placa

$a$ =cara de contacto para fijación

$b$ =base de la placa

$l$ =superficie superior de la placa

$\theta$ =ángulo de inclinación

$\Phi$ =diámetro de los barrenos

El diseño de la placa se considera al estar sometido a una carga axial, la cual estará provocando una concentración de esfuerzos, en la sección crítica donde el área transversal es menor, en este caso donde se encuentra el diámetro total de los barrenos, como lo muestra la siguiente figura:

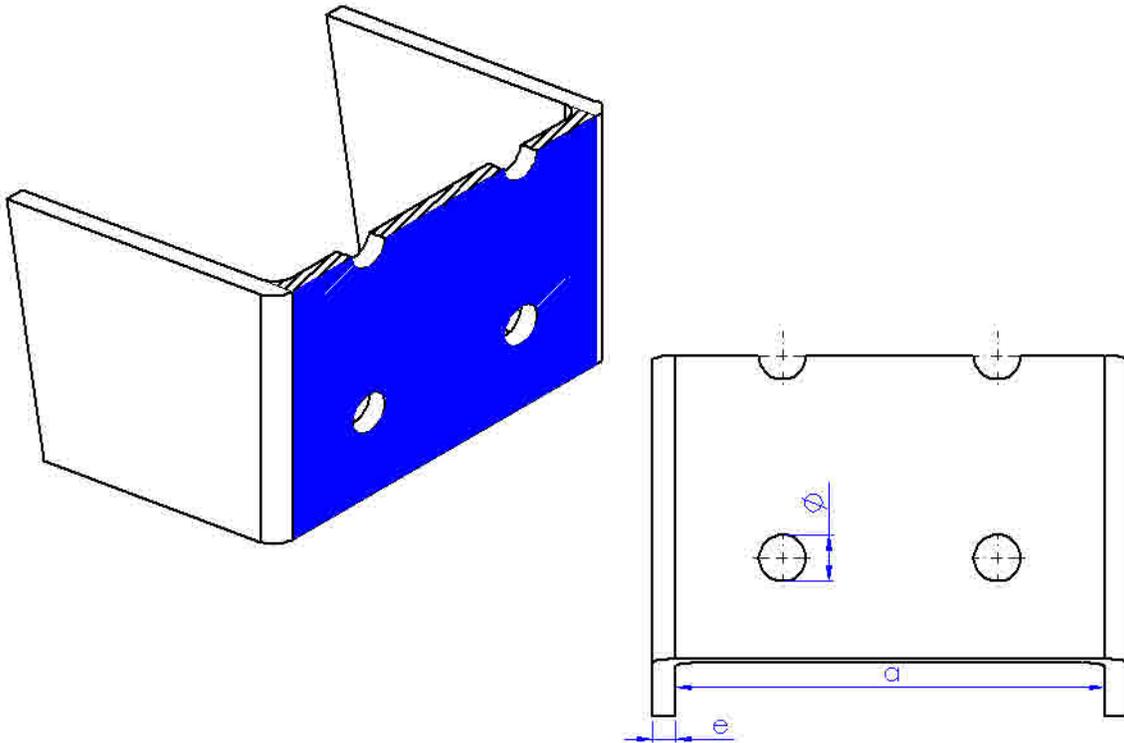


Figura 58. Sección transversal crítica de la placa.

Donde:

$$a = 184 \text{ mm}$$

$$e = 9.5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 20 \text{ mm}$$

En el diseño de la placa con pliegue, se considerará la cara sombreada de color azul de la figura 58, ya que en ella es donde la sección transversal es menor debido a los barrenos. La sección transversal correspondiente a esa cara, la que se encuentra rayada de color negro, será el área transversal donde la concentración de esfuerzos sea mayor, la fuerza a considerar será una fracción del peso del automóvil, la cual será transmitida por el punto en que se une con el perfil estándar CE, el cual tiene una fuerza aplicada

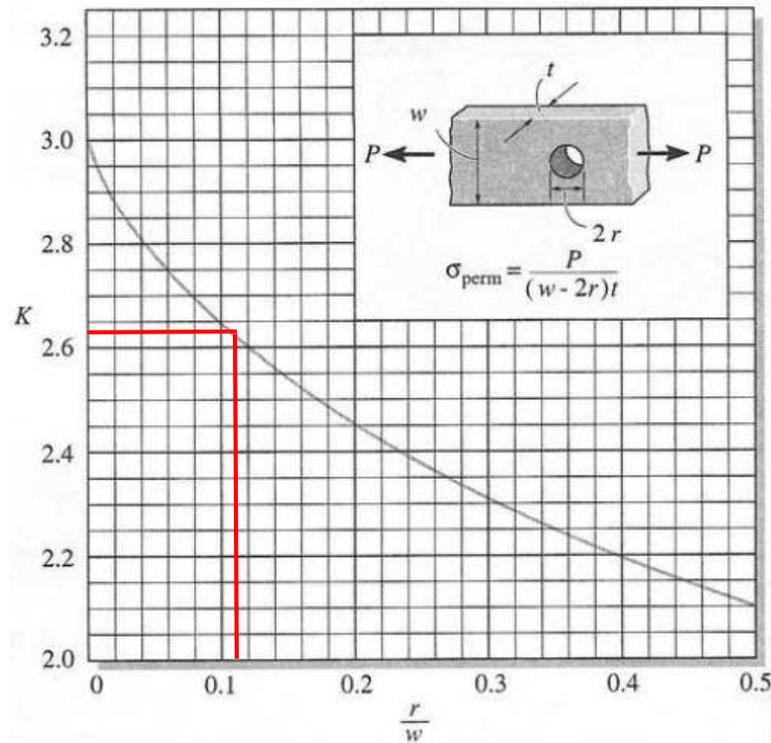
en cada uno de sus extremos de  $F = 4814.25 \text{ N}$ . El acero en que se fabrican estas placas, es acero de alta resistencia, es AHMSA quien en su "Manual de diseño para la construcción con acero", el que especifica los calibres para las placas, así como la resistencia de los mismos, para un acero ASTM A572 50, se especifica un esfuerzo elástico de  $\sigma_{perm} = 50 \text{ ksi} = 344.7375 \text{ MPa}$ . Se encontrará el factor  $K$  de concentración de esfuerzos en la sección transversal, como se muestra a continuación.

$d = 20 \text{ mm}$   
 $b = 184 \text{ mm}$   
 $e = 9.5 \text{ mm}$

Por lo tanto, para dos  
 barrenos:

$$\frac{r}{w} = \frac{2(10 \text{ mm})}{184 \text{ mm}} = 0.1087$$

$$K = 2.63$$



Los esfuerzos promedio y permisible estarán dados de acuerdo a (12) y (13):

$$\sigma_{prom} = \frac{P}{A}$$

$$\sigma_{perm} = K \times \sigma_{prom}$$

Para un acero ASTM A572 50, con un esfuerzo elástico permisible de  $\sigma_{perm} = 50 \text{ ksi} = 344.7375 \text{ MPa}$  y para las 3 áreas sombreadas de la figura 50, se tiene una fuerza axial de:

$$P = \frac{(344.7375 \times 10^6 \text{ N/m}^2)(1.368 \times 10^{-3} \text{ m}^2)}{2.63} = 179.3159 \text{ kN}$$

#### 4.8.3 Soldadura en el subconjunto placa base

El método de unión en las placas que conformaran a la placa base, será por soldadura, debido a la ubicación entre placas se recomienda una soldadura en ángulo, las placas tendrán un espesor de 19.0754 mm, para la cual se recomienda un valor para la garganta de soldadura de  $a=10\text{mm}$ . Se considera un electrodo E60, el cual tiene una resistencia ultima a la ruptura de  $S_u = 60 \text{ ksi} = 413.685 \text{ MPa}$ .

En la siguiente figura se observa el subconjunto placa base:

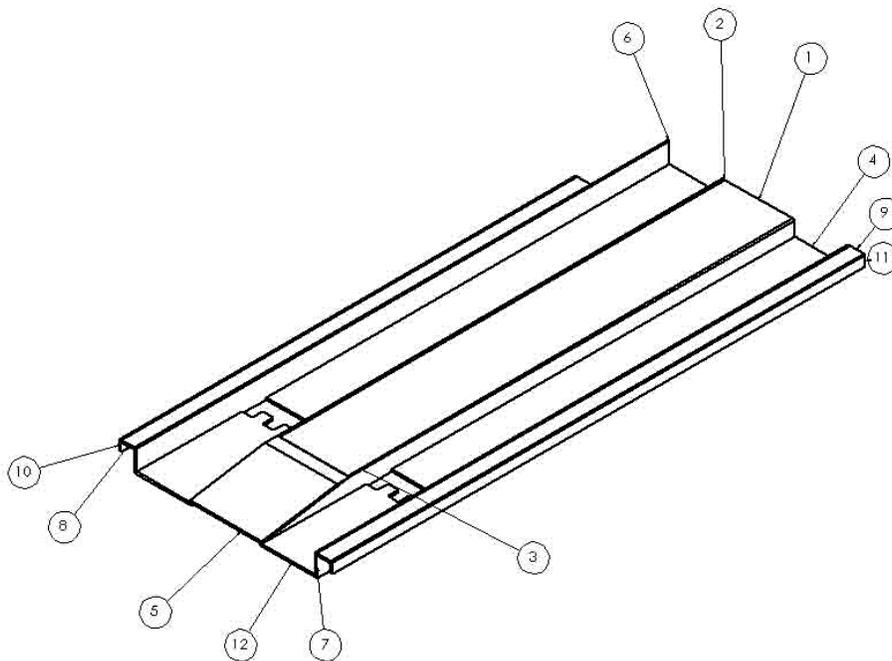


Figura 59. Subconjunto placa base.

Se consideraran 3 cordones de soldadura en cada unión entre placas

Para los casos de las placas que tienen de longitud 2m, se tiene:

$$l_{soldada} = (0.3333m)(3 \text{ cordones}) = 1m$$

$$A = a \times l_{soldada} = (0.01m)(1m) = 0.01m^2$$

De donde

$$F = \sigma \times A = \left(413.685 \times 10^6 \text{ N/m}^2\right)(0.01m^2) = 4136850 \text{ N}$$

El valor de  $F$  es mucho mayor al peso total considerado por el automóvil y elementos de la góndola  $W_{Total} = 37977 \text{ N} + 25\%W_{Total} = 47471.25 \text{ N}$ . Por lo que los cordones soldados resistirán el peso.

#### 4.8.4 Soldadura en elementos de unión

En este caso de soldadura, los espesores de las placas serán de  $e=9.5 \text{ mm}$ , para los que se utilizará en valor de garganta  $a=10\text{mm}$ , se considera un electrodo E60, el cual tiene una resistencia última a la ruptura de  $S_u = 60 \text{ ksi} = 413.685 \text{ MPa}$ , la longitud soldada es de 150 mm completos sin espacio y de cada lado, por lo que se tiene lo siguiente:

$$l_{soldada} = (0.15m)(4 \text{ cordones}) = 0.68259m$$

$$A = a \times l_{soldada} = (0.01m)(0.68259m) = 6.82597 \times 10^{-3}m^2$$

$$F = \sigma \times A = \left(413.685 \times 10^6 \text{ N/m}^2\right)(6.82597 \times 10^{-3}m^2) = 372316.5 \text{ N}$$

El valor de  $F$  es mucho mayor a la fuerza que se transmite por los elementos de unión, ya que al ser simétricas las piezas, el peso total considerado, se dividirá entre 4 elementos de unión.  $W_{Total/4} = 37977 \text{ N} + 25\%W_{Total} = 11867.8125 \text{ N}$ .

## Capítulo 5. Resultados

### 5.1 Elementos comerciales seleccionados.

Los resultados mostrados son de elementos que se consideran sujetos a esfuerzos debido al peso del automóvil como del mismo contenedor, entre otros componentes que estarán sujetos a fuerzas que los accionaran, o simplemente de acoplamiento como es el caso de elementos en el mecanismo de trinquete.

#### 5.1.1 Elementos considerados a esfuerzos.

##### Placa base

De acuerdo a la tabla de calibres del Manual de especificaciones y garantías de AHMSA, se tiene la siguiente placa, que cumple con el espesor calculado:

Calibre No.	Espesor (pulgadas)	Espesor (mm)	Peso ( $lb/ pie^2$ )	Peso ( $kg/m^2$ )
3/4"	0.7510	19.0754	30.67	149.7418

Comprobando:

$$S = \frac{1}{6} \times (5m)(0.0191m)^2 = 3.0323 \times 10^{-4} m^3$$

$$M_{max} = S \sigma_{max} = (3.0323 \times 10^{-4} m^3) (86.1844 \times 10^6 N/m^2) = 26133.32 Nm$$

Por lo que el momento máximo a resistir por el espesor seleccionado  $h = 0.0179m = 0.7060"$ , será mayor al necesario.

En el subcapítulo 5.2, se encuentran los calibres comerciales que provee AHMSA.

##### Placa de unión

De acuerdo al espesor seleccionado, para un acero de alta resistencia ASTM A572 50 se encontró:

$$P = \frac{(344.7375 \times 10^6 \text{ N/m}^2)(1.548 \times 10^{-3} \text{ m}^2)}{2.65} = 201.378 \text{ kN}$$

Por lo tanto:

$$201.378 \text{ kN} > 4814.25 \text{ N}$$

La fuerza que soporta la placa es mucho mayor a la necesaria. En el subcapítulo 5.2, se encuentran los calibres comerciales que provee AHMSA.

#### Placa de unión plegada

En el diseño de esta placa, se tomó en cuenta una cara de la placa dobla, esta fue la cual tenía los barrenos para un espesor de placa dado, se encontró la fuerza que soportaría de acuerdo a la resistencia permisible del material, por lo que se encontró:

$$P = \frac{(344.7375 \times 10^6 \text{ N/m}^2)(1.368 \times 10^{-3} \text{ m}^2)}{2.63} = 179.3159 \text{ kN}$$

Por lo tanto:

$$179.3159 \text{ kN} > 4814.25 \text{ N}$$

En el subcapítulo 5.2, se encuentran los calibres comerciales que provee AHMSA.

#### Perfil tipo canal CE

De acuerdo a las propiedades de diseño del catálogo de AHMSA, se busca un perfil que tenga un módulo elástico de sección mayor al calculado  $S = 14.2443 \text{ mm}^3 / 10^3$ . Por las dimensiones requeridas, se selecciona el perfil C 200 X 27.9, el cual cumple sobrepasando el momento máximo requerido:

C 200 X 27.9

$$S = 180 \text{ mm}^3 / 10^3 = 1.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{max} = 86.1844 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$M_{max} = S \sigma_{max} = (1.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3)(86.1844 \times 10^6 \text{ N/m}^2) = 15513.19 \text{ Nm}$$

En el subcapítulo 5.2, se encuentran las dimensiones del perfil de tipo canal C 200 X 27.9 que provee AHMSA.

#### Tubo circular OC

En los cálculos para obtener los esfuerzos máximos y mínimos, se ha considerado un perfil OC 73mm x 7.01mm, el cual, de acuerdo a sus propiedades geométricas y carga del automóvil, tendrá los siguientes esfuerzos:

$$\sigma_{max} = 174.742 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{min} = -10.0119 \text{ MPa}$$

De acuerdo al Manual de construcción en acero, establecido por IMCA, los tubos circulares para esas dimensiones están fabricados en acero ASTM A-53 mediante soldadura por resistencia eléctrica, con un esfuerzo de fluencia mínimo de  $S_y = 2460 \text{ kg/cm}^2 = 241.2 \text{ MPa}$ .

Se puede deducir que este valor es mayor, por lo que puede resistir la carga necesaria.

$$S_y > \sigma_{max} \quad ; \quad 241.2 \text{ MPa} > 174.742 \text{ MPa}$$

En el subcapítulo 5.2, se muestran las especificaciones para tubos OC que provee IMCA.

#### Tubo cuadrado OR

En las operaciones realizadas para obtener el momento máximo al que se somete el perfil debido al peso del automóvil, se obtuvo un momento de  $|M_{max}| = 4100 \text{ Nm}$ .

De acuerdo a las propiedades del perfil fabricado por IMCA, se obtuvo un  $|M_{max}| = 46187 \text{ Nm}$ .

Por lo que el perfil tubular OR de 178 mm x 48 mm, cumple con las especificaciones necesarias para el contenedor de automóviles.

En el subcapítulo 5.2, se encuentra la tabla de propiedades para perfiles OR que provee IMCA.

### Tubo circular OC para carga

De acuerdo a las propiedades de diseño del manual de construcción en acero de IMCA, se busca un tubo circular OC que tenga un módulo elástico de sección mayor al calculado  $S = 6.6511 \times 10^{-5} m^3$ . Por lo que se selecciona un tubo circular OC 114 mm x 8.56 mm, el cual tiene un modulo  $S = 70 cm^3 = 7 \times 10^{-5} m^3$ .

Comprobando el momento máximo que soportara:

$$\sigma_{max} = 60.31 MPa$$

$$S = 70 cm^3 = 7 \times 10^{-5} m^3$$

$$M_{max} = S \sigma_{max} = (7 \times 10^{-5} m^3) (60.31 \times 10^6 N/m^2) = 4221.7 Nm$$

Valor superior al requerido en el diagrama de momento,  $M_{max} = 4011.32 Nm$ .

En el subcapítulo 5.2, se encuentran las dimensiones y propiedades para un tubo circular OC que provee IMCA.

### Rueda de dentado interior del trinquete

Mediante el valor obtenido de  $h = 4.0791 mm$  y el valor del esfuerzo còrtate  $\tau_{adm} = 38.66 MPa$ , se obtiene el esfuerzo verdadero, el cual es:

$$\tau = \frac{F}{h b} = \frac{577.71 N}{(4.0791 \times 10^{-3} m)(0.0431 m)} = 3.2860 MPa$$

Se puede observar que  $\tau = 3.2860 MPa < \tau_{adm} = 38.66 MPa$ , por lo que este valor es satisfactorio para el diseño.

Se propone un valor de  $h$  mayor  $h = 0.04598 m = 45.98 mm$ , con el cual se tendrá el siguiente esfuerzo:

$$\tau = \frac{F}{h b} = \frac{577.71 N}{(445.98 \times 10^{-3} m)(0.0431 m)} = 0.291 MPa$$

Menor al valor del esfuerzo admisible que soporta el material  $\tau_{adm} = 38.66 MPa$ .

### Resorte helicoidal de compresión

De acuerdo al resorte seleccionado del catálogo "Century Spring" numero 3283, con las siguientes dimensiones:

$$L_f = 203.2 \text{ mm}$$

$$D_w = 3 \text{ mm}$$

$$DE = 32.16 \text{ mm}$$

$$DI = 26.1 \text{ mm}$$

Alambre de acero ASTM A227, estirado

en frio  $G = 79.3 \text{ GPa}$

$$N = 23$$

$$N_a = 23 - 2 = 21$$

Se ha comprobado que tanto las dimensiones son los necesarios para el mecanismo de sujeción, como también los esfuerzos necesarios cumplen con el material, teniendo los siguientes esfuerzos:

$$\tau_o < \tau_d$$

$$465.1120 \text{ MPa} < 760 \text{ MPa}$$

$$\tau_s < \tau_{max}$$

$$654.41 \text{ MPa} < 825 \text{ MPa}$$

En el subcapítulo 5.2, se encuentran las dimensiones y propiedades para un resorte helicoidal de compresión que provee CENTURY SPRING.

#### 5.1.2 Elementos de acoplamiento.

##### Soporte chumacera

Se necesitará un par de chumaceras, las cuales se acoplaran a un eje y así permitir el movimiento giratorio de las compuertas en el mecanismo de sujeción, por lo que el soporte chumacera será un perfil rectangular que cumpla con las dimensiones necesarias para ensamblarlo en el conjunto de la placa base. Se selecciona un perfil rectangular OR de 254 mm x 102 mm x 12.7 mm.

En el subcapítulo 5.2, se encuentran las dimensiones y propiedades para un perfil rectangular OR que provee IMCA.

### Chumacera Mecanismo

Se necesitarán dos chumaceras que se fijarán al soporte chumacera, las chumaceras estarán ensambladas a un eje de 25 mm, por lo que el conjunto chumacera y soporte será del tamaño SNL 6060 TG con rodamientos 2306 K.

En el subcapítulo 5.2, se encuentran las dimensiones y propiedades para las chumaceras que provee SNK.

### Eje chumaceras mecanismo

El eje que se utilizará para dar movimiento a las compuertas en el mecanismo de sujeción, se ha mencionado que será de un diámetro de 25mm, con algunas características particulares, que se solicitarán al proveedor. Eje macizo serie W a una longitud de 2000 mm, según tabla de medidas.

En el subcapítulo 5.2, se encuentran las dimensiones y propiedades para ejes que provee INA.

### Cable de acero

En el eje del mecanismo se fijará un cable de acero, el cual por medio de poleas llegara al trinquete, este cable de acero al ser jalado hará que el eje gire. De acuerdo a las dimensiones de las piezas en el trinquete, se selecciona un cable de acero de 8 mm de diámetro.

En el subcapítulo 5.2, se encuentran las dimensiones y propiedades para cables de acero que provee RETENIDA.

### Poleas

Se utilizarán 5 poleas, las cuales harán la guía para el cable de acero dentro del mecanismo de sujeción y trinquete

*En el subcapítulo 5.2, se encuentran las dimensiones y propiedades para las poleas que provee AMIG.*

#### *Palanca Trinquete*

*Dentro del mecanismo de sujeción, el cable de acero estará fijo en un extremo al eje, el otro extremo se fijará a un tubo circular OC, que tendrá la función de palanca dentro del mecanismo de trinquete. Se seleccionó un tubo circular 60 mm x 5.54 mm.*

*En el subcapítulo 5.2, se encuentran las dimensiones y propiedades para tubos circulares OC que provee IMCA.*

#### *Eje trinquete*

*Se utilizará un eje que se acoplara a la palanca del trinquete, para así permitirle un giro dentro de la rueda dentada, el eje seleccionado es de 1" de diámetro, con algunas características particulares que se solicitarán al proveedor. Eje macizo W a una longitud de 220.2 mm, según tabla de medidas.*

*En el subcapítulo 5.2, se encuentran las dimensiones y propiedades para ejes que provee INA.*

#### *Chumacera Trinquete*

*El eje que permite el giro dentro del mecanismo de trinquete se fijara a un par de chumaceras. De acuerdo al diámetro del eje se seleccionan los soportes para chumaceras UCF205-100D1.*

*En el subcapítulo 5.2, se encuentran las dimensiones y propiedades para chumaceras que provee NSK.*

## *5.2 Propiedades y dimensiones de proveedores.*

*Los elementos considerados a esfuerzos se encuentran en el subcapítulo 5.1, para cada uno de ellos se tienen las características y propiedades de acuerdo a sus proveedores, en el siguiente orden:*

- Pacas Acero, AHMSA.*
- Perfiles tipo canal Estándar CE, AHMSA.*
- Tubo circular OC, IMCA.*
- Tubos cuadrado OR, IMCA.*
- Tubo circular OC para carga, IMCA.*
- Resortes, CENTURY SPRING.*
- Soporte chumacera, IMCA.*
- Chumacera mecanismo, SNK.*
- Eje chumacera mecanismo, INA.*
- Cable de acero, RETENIDA.*
- Poleas, AMIG.*
- Palanca Trinquete, IMCA.*
- Eje Trinquete, INA.*
- Chumacera Trinquete, NSK.*

**PLACA ANCHA**

Acero en hojas suministrado en condiciones de rolado con ó sin orilla de molino disponible en espesores desde 0.312" hasta 2" y anchos de 56" hasta 120".

**CLASIFICACION**

Por su resistencia a la deformación los aceros se clasifican de la siguiente manera:

- I.- Aceros de baja resistencia:  
Son todos aquellos que tienen un límite elástico de 30 KSI mín.
- II.- Aceros de media resistencia:  
Son los aceros con un límite elástico de 35 KSI mín.
- III.- Aceros de alta resistencia:  
Son los aceros con un límite elástico de 45 KSI mín.

Nota: En todas las tablas, la composición química es máxima cuando no indique un rango ó un valor mínimo y las propiedades mecánicas son mínimas cuando no se indique un rango.  
El peso máximo de una placa cortada es de 6 toneladas métricas. Para pesos mayores solicitar factibilidad de fabricación.

**TABLA 1 ACEROS SAE DE BAJO, MEDIO Y ALTO CARBONO**

Especificación	Descripción y uso final
SAE J403 1010 y 1012	Aceros de bajo Carbono para fabricación de perfiles, tubería soldada, etc.
SAE J403 1015, 1018, 1020, 1022, 1025, 1030, 1035 y 1040	Aceros de medio Carbono para fabricación de piezas estructurales, piezas de maquinaria y herramientas.
SAE J403 1045, 1050, 1055 y 1060	Aceros de alto Carbono en piezas de maquinaria e implementos agrícolas.
SAE J403 1552	Acero de alto Manganeso, resistente al desgaste, para piezas templadas, cuchillas y gavilanes.
SAE J1268 15B21	Aceros al Boro, resistentes al desgaste para piezas templadas, implementos agrícolas y discos de arado. (AHM 130-B, grado interno AHMSA).
AHM 130-B	



## Composición química

Especificación	Composición química % en peso (máximo)					Rango de dimensión
	C	Mn	P	S	Si	
SAE J403 1010	0.08 - 0.13	0.30 - 0.60	0.030	0.050	-	1
SAE J403 1012	0.10 - 0.15	0.30 - 0.60	0.030	0.050	-	1
SAE J403 1015	0.13 - 0.18	0.30 - 0.60	0.030	0.050	-	1
SAE J403 1018	0.15 - 0.20	0.60 - 0.90	0.030	0.050	-	1
SAE J403 1020	0.18 - 0.23	0.30 - 0.60	0.030	0.050	-	2
SAE J403 1022	0.18 - 0.23	0.70 - 1.00	0.030	0.050	-	2
SAE J403 1025	0.22 - 0.28	0.30 - 0.60	0.030	0.050	-	2
SAE J403 1030	0.28 - 0.34	0.60 - 0.90	0.030	0.050	-	2
SAE J403 1035	0.32 - 0.38	0.60 - 0.90	0.030	0.050	-	2
SAE J403 1040	0.37 - 0.44	0.60 - 0.90	0.030	0.050	-	2
SAE J403 1045	0.43 - 0.50	0.60 - 0.90	0.030	0.050	-	2
SAE J403 1050	0.48 - 0.55	0.60 - 0.90	0.030	0.050	-	2
SAE J403 1055	0.50 - 0.60	0.60 - 0.90	0.030	0.050	-	2
SAE J403 1060	0.55 - 0.65	0.60 - 0.90	0.030	0.050	-	2
SAE J403 1552	0.47 - 0.55	1.20 - 1.50	0.030	0.050	-	2
SAE J1268 15B21	0.17 - 0.24	0.70 - 1.20	0.030	0.050	0.15 - 0.35	2
AHM 130-B	0.35	1.35	0.030	0.035	0.15 - 0.35	2

Nota: Para SAE J1268 15B21 y AHM 130-B, el contenido del Boro es de 0.0005 hasta 0.003 %.

**TABLA 2 ACEROS ESTRUCTURALES DE BAJA, MEDIA Y ALTA RESISTENCIA**

Especificación	Descripción y uso final
LC PAILAS	Fabricación de pailas para galvanizado.
ASTM A 283 A, B y C	Para estructuras de uso moderado y alta soldabilidad.
ASTM A 36	Media resistencia, estructural, vigas soldadas, bases de columnas.
ABS A, B, D y E	Acero estructural de mediana resistencia para fabricación de barcos.
LLOYD'S GL A, B, D y E	
ASTM A131 A, B, D y E	
DIN EN 10025 S235	Para estructuras de uso moderado y alta soldabilidad.
DIN EN 10025 S275	Media resistencia, estructural, vigas soldadas, bases de columnas.
DIN EN 10025 S355	Alta resistencia, vigas soldadas, partes para puentes, edificios.
ASTM A 572 50 y 60	Alta resistencia baja aleación, estructural, vigas soldadas, puentes, edificios, torres eólicas, bases de postes tronco-cónicos.
ASTM A 572 65	Alta resistencia baja aleación, bases de postes tronco-cónicos y luminarias.
ASTM A 656 50 y 60	Alta resistencia, estructuras, vigas soldadas.
ASTM A 656 70 y 80	Extra alta resistencia en estructuras donde requiere ahorro en peso.
ASTM A 709 50	Alta resistencia baja aleación para puentes.
JIS G3106 SM 490A	Alta resistencia baja aleación con excelente soldabilidad para puentes, barcos tanque de petróleo, etc.



## Composición química y propiedades mecánicas

Especificación	Composición química % en peso (máximo)							Límite elástico min. KSI	Última tensión min. KSI	% de elong. min. en 8"	Rango de dimensión
	C	Mn	P	S	Si	Cb	V				
LC PAILAS	0.06	0.35	0.030	0.030	0.40	-	-	-	-	-	1
ASTM A 283 A	0.14	0.90	0.035	0.040	0.40	-	-	24	45-60	27	1
ASTM A 283 B	0.17	0.90	0.035	0.040	0.40	-	-	27	50-65	25	1
ASTM A 283 C	0.24	0.90	0.035	0.040	0.40	-	-	30	55-75	22	1
ASTM A 36	0.25	1.20	0.040	0.050	0.40	-	-	36	58-80	20	1
ABS A*	0.23	2.5 x C	0.035	0.035	0.50	-	-	34	58-75	22	1
ABS B	0.21	0.80	0.035	0.035	0.35	-	-	34	58-75	22	1
ABS D	0.21	0.60	0.035	0.035	0.10-0.35	-	-	34	58-75	22	1
ABS E	0.18	0.70	0.035	0.035	0.10-0.35	-	-	34	58-75	22	1
LLOYD'S GL A*	0.23	2.5 x C	0.035	0.035	0.50	-	-	34	58-75	22	1
LLOYD'S GL B	0.21	0.80	0.035	0.035	0.35	-	-	34	58-75	22	1
LLOYD'S GL D	0.21	0.60	0.035	0.035	0.10-0.35	-	-	34	58-75	22	1
LLOYD'S GL E	0.18	0.70	0.035	0.035	0.10-0.35	-	-	34	58-75	22	1
ASTM A 131 A*	0.21	2.5 x C	0.035	0.035	0.50	-	-	34	58-75	21	1
ASTM A 131 B	0.21	0.60	0.035	0.035	0.35	-	-	34	58-75	21	1
ASTM A 131 D	0.21	0.60	0.035	0.035	0.10-0.35	-	-	34	58-75	21	1
ASTM A 131 E	0.18	0.70	0.035	0.035	0.10-0.35	-	-	34	58-75	21	1
DIN EN 10025 S235	0.17	1.40	0.025	0.025	-	-	-	35	52-74	24	2
DIN EN 10025 S275	0.18	1.50	0.025	0.025	-	-	-	40	59-81	23	2
DIN EN 10025 S355	0.20	1.60	0.025	0.025	0.55	-	-	51	68-91	20	3
ASTM A 572 50	0.23	1.35	0.040	0.050	0.40	0.050	0.10	50	65	18	2
ASTM A 572 60	0.26	1.35	0.040	0.050	0.40	0.050	0.15	60	75	16	2
ASTM A 572 65	0.23	1.65	0.040	0.050	0.40	0.050	0.15	65	80	15	3
ASTM A 656 50	0.18	1.65	0.025	0.035	0.60	0.100	0.15	50	60	20	2
ASTM A 656 60	0.18	1.65	0.025	0.035	0.60	0.100	0.15	60	70	17	3
ASTM A 656 70	0.18	1.65	0.025	0.035	0.60	0.100	0.15	70	80	14	3
ASTM A 656 80	0.18	1.65	0.025	0.035	0.60	0.100	0.15	80	90	12	3
ASTM A 709 50	0.23	1.35	0.040	0.050	0.40	0.050	0.10	50	65	18	2
JIS G3106 SM 490 A	0.20	1.60	0.035	0.035	0.55	-	-	47	71-88	23	2

Nota\*: En el tipo A, el % de Manganeso está condicionado al % de Carbono (2.5 veces el % de Carbono).

 Valor mínimo



**TABLA 3 ACEROS PARA RECIPIENTES A PRESION**

Especificación	Descripción y uso final
ASTM/ASME SA 285 C	Recipientes estacionarios de resistencia baja e intermedia.
ASTM/ASME SA 455	Recipientes estacionarios de alta resistencia.
ASTM/ASME SA 516 60 y 70	Recipientes de media resistencia para servicio de media y baja temperatura.
NMX B-475	Recipientes a presión (esferas).
ASTM/ASME SA 612	Recipientes para carros tanque de Ferrocarril.
AAR TC-128-B	

**Composición química y propiedades mecánicas**

Especificación	Composición química % en peso (máximo)						Limite elástico min. KSI	Ultima tensión min. KSI	% de elong. mín. en 8"	Rango de dimensión
	C	Mn	P	S	Si	Cb				
ASTM/ASME SA 285 C	0.28	0.90	0.035	0.035	-	-	30	55-75	23	1
ASTM/ASME SA 455										
Espesor ≤ 0.375"	0.33	0.85-1.20	0.035	0.035	0.10	-	38	75-95	15	2
Espesor > 0.375" - ≤ 0.580"	0.33	0.85-1.20	0.035	0.035	0.10	-	37	73-93	15	2
Espesor > 0.580" - ≤ 0.750"	0.33	0.85-1.20	0.035	0.035	0.10	-	35	70-90	15	2
ASTM/ASME SA 516 60										
Espesor ≤ 0.500"	0.21	0.60-0.90	0.035	0.035	0.15-0.40	-	32	60-80	21	2
Espesor > 0.500" hasta 2"	0.23	0.85-1.20	0.035	0.035	0.15-0.40	-	32	60-80	21	2
ASTM/ASME SA 516 70										
Espesor ≤ 0.500"	0.27	0.85-1.20	0.035	0.035	0.15-0.40	-	38	70-90	17	2
Espesor > 0.500" hasta 2"	0.28	0.85-1.20	0.035	0.035	0.15-0.40	-	38	70-90	17	2
NMX B-475 (1)										
Espesor > 0.1875" - ≤ 1.375"	0.22	1.0-1.60	0.035	0.030	0.50	0.020-0.05	55	77-91	17	3
Espesor > 1.375" - ≤ 2.0"	0.22	1.0-1.60	0.035	0.030	0.50	0.020-0.05	53	73-87	17	3
ASTM/ASME SA 612										
Espesor ≤ 0.500"	0.25	1.0-1.50	0.035	0.025	0.15-0.50	-	50	83-105	16	2
Espesor > 0.500" - ≤ 1.0"	0.25	1.0-1.50	0.035	0.025	0.15-0.50	-	50	81-101	16	2
AAR TC-128-B	0.24	1.0-1.65	0.025	0.015	0.15-0.40	0.050	50	81-101	16	2

(1): Para estos grados de acero por sus requerimientos especiales, siempre se deberá solicitar una factibilidad de producción.



**TABLA 4 ACEROS PARA TUBERIA DE CONDUCCION, SOPORTE Y REVESTIMIENTO**

Especificación	Descripción y uso final
API 5LB, X42	Tubería de conducción de media resistencia.
API 5LX46 al X80	Tubería de alta resistencia.
API X52, 60 y 65 HA	Tubería de alta resistencia para servicio gas amargo (3).
API 2H 50	Tubería de soporte y estructuras para plataformas marinas.

**Composición química y propiedades mecánicas**

Especificación	Composición química % en peso (máximo)								Límite elástico mín. KSI	Ultima tensión mín. KSI	% de elong. mín. en 2"	Rango de dim.	
	C	Mn	P	S	Si	Nb	V	Ti					
API 5L B	(PSL 1)	0.26	1.20	0.030	0.030	-	-	-	-	35.5	60.2	35	1
	(PSL 2)	0.22	1.20	0.025	0.015	0.45	0.05	0.05	0.04	35.5-65.3	60.2-110.2	35	1
API 5LX42	(PSL 1)	0.26	1.30	0.030	0.030	-	-	-	-	42.1	60.2	35	1
	(PSL 2)	0.22	1.30	0.025	0.015	0.45	0.05	0.05	0.04	42.1-71.8	60.2-110.2	35	1
API 5LX46	(PSL 1)	0.26	1.40	0.030	0.030	-	-	-	-	46.4	63.1	35	2
	(PSL 2)	0.22	1.30	0.025	0.015	0.45	0.05	0.05	0.04	46.4-76.1	63.1-110.2	35	2
API 5LX52	(PSL 1)	0.26	1.40	0.030	0.030	-	-	-	-	52.2	66.7	33	3
	(PSL 2)	0.22	1.40	0.025	0.015	0.45	-	-	-	52.2-76.9	66.7-110.2	33	3
API 5LX56	(PSL 1)	0.26	1.40	0.030	0.030	-	-	-	-	56.6	71.1	33	3
	(PSL 2)	0.22	1.40	0.025	0.015	0.45	-	-	-	56.6-79	71.1-110.2	33	3
API 5LX60	(PSL 1)	0.26	1.40	0.030	0.030	-	-	-	-	60.2	75.4	32	3
	(PSL 2)	0.12	1.60	0.025	0.015	0.45	-	-	-	60.2-81.9	75.4-110.2	32	3
API 5LX65	(PSL 1)	0.26	1.45	0.030	0.030	-	-	-	-	65.3	77.6	32	3
	(PSL 2)	0.12	1.60	0.025	0.015	0.45	-	-	-	65.3-87	77.6-110.2	32	3
API 5LX70	(PSL 1)	0.26	1.65	0.030	0.030	-	-	-	-	70.3	82.7	30	3
	(PSL 2)	0.12	1.70	0.025	0.015	0.45	-	-	-	70.3-92.1	82.7-110.2	30	3
API 5LX80	(PSL 2)	0.12	1.85	0.025	0.015	0.45	-	-	-	80.5-102.3	90.6-119.7	30	3
API X52 HA (1)		0.10	1.05	0.025	0.005	0.35	0.050	0.050	-	52-68	67-80	35	3
API X60 HA (1)		0.10	1.05	0.025	0.005	0.35	0.050	0.050	-	60-75	75	32	3
API X65 HA (1)		0.10	1.40	0.025	0.005	0.35	0.050	0.050	-	66-87	78-92	30	3
API 2H 50 (1 y 2)		0.18	1.15-1.60	0.030	0.010	0.05-0.40	0.01-0.04	-	0.02	50	70-90	21	3

- (1): Para estos grados de acero por sus requerimientos especiales, siempre se deberá solicitar un estudio de factibilidad de producción.
- (2): La placa para este grado se surte "as rolled". Las pruebas mecánicas son obtenidas mediante probeta normalizada.
- (3): HA: Hidrocarburo Amargo, GA: Gas Amargo, S: Sour Service, indican el mismo producto.



**TABLA 5 RANGOS DE DIMENSION**  
**Longitud máxima de placa, para un espesor y ancho dado, en pulgadas.**

En general, para los 3 rangos de dimensión, las placas se surten con una longitud máxima de 500" y mínimo de 150". El peso máximo que puede alcanzar una placa ya cortada, es de 6 toneladas métricas.

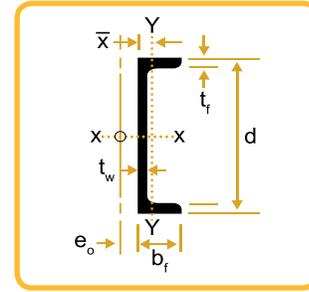
En grado ASTM A36 y grado 50, para 0.250" de espesor solo se oferta en las siguientes dimensiones: ancho de 72" en 240" y 480" de largo, ancho de 96" en 240" y 360" de largo.

Ancho Espesor	Rango de dimensión 1											
	56-60	61-64	65-68	69-72	73-76	77-80	81-84	85-88	89-92	93-96	97-107	108-120
0.250-0.311	* Para estos rangos de dimensión solicitar un estudio de factibilidad al área de Servicio Técnico											
0.312-0.374	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	-	-
0.375-0.750	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480
0.751-0.875	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	440
0.876-1.000	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	430	380
1.001-1.250	480	480	480	480	480	460	440	420	400	380	340	310
1.251-1.500	480	480	450	430	400	380	360	350	330	320	280	250
1.501-1.750	440	410	390	360	340	330	310	300	280	270	240	220
1.751-2.000	380	360	340	320	300	290	270	260	250	240	210	190
> 2.000	* Para estos rangos de dimensión solicitar un estudio de factibilidad al área de Servicio Técnico											

Nota: En el caso especial del Grado A36, éste se puede fabricar sin previo estudio de factibilidad, de 2" hasta 2.750" de espesor, desde 56" de ancho y largo mínimo de 150". La longitud máxima que pueden alcanzar estas placas queda restringida por el peso máximo de 6 toneladas.

Ancho Espesor	Rango de dimensión 2											
	56-60	61-64	65-68	69-72	73-76	77-80	81-84	85-88	89-92	93-96	97-107	108-120
0.250-0.311	* Para estos rangos de dimensión solicitar un estudio de factibilidad al área de Servicio Técnico											
0.312-0.374	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	-	-
0.375-0.437	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	-
0.438-0.625	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480
0.626-0.875	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	440
0.876-1.000	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	430	380
1.001-1.250	480	480	480	480	480	460	440	420	400	380	340	310
1.251-1.375	480	480	480	460	440	420	400	380	360	350	310	280
1.376-1.500	480	480	450	430	400	380	360	350	330	320	280	250
1.501-1.750	440	410	390	360	340	330	310	300	280	270	240	220
1.751-2.000	340	320	300	280	270	250	240	230	220	200	190	170
> 2.000	* Para estos rangos de dimensión solicitar un estudio de factibilidad al área de Servicio Técnico											





## TABLA DE DIMENSIONES Y PROPIEDADES

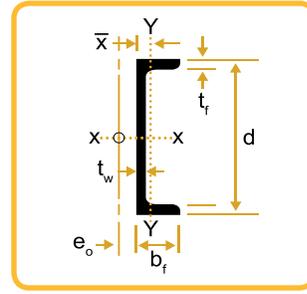
### Canal CPS (CE) Pulgadas

Canal Perfil Estándar (CE)	Peso	Área	Peralte		Espesor			Patín		Espesor		Distancia						
	(lb/ft)	A pulg <sup>2</sup>	d pulg	d <sub>det</sub> pulg	t <sub>w</sub> pulg	t <sub>wdet</sub> pulg	t <sub>wdet</sub> /2 pulg	b <sub>f</sub> pulg	b <sub>fdet</sub> pulg	t <sub>f</sub> pulg	t <sub>fdet</sub> pulg	k <sub>des</sub> pulg	k <sub>det</sub> pulg	x pulg	e <sub>o</sub> pulg	x <sub>p</sub> pulg	r <sub>ts</sub> pulg	h <sub>o</sub> pulg
C 6 X 8.2	8.20	2.39	6.00	6	0.200	3/16	1/8	1.92	1 7/8	0.343	5/16	0.813	13/16	0.512	0.599	0.199	0.643	5.66
C 6 X 10.5	10.5	3.07	6.00	6	0.314	5/16	3/16	2.03	2	0.343	5/16	0.813	13/16	0.500	0.486	0.256	0.669	5.66
C 6 X 13	13.0	3.82	6.00	6	0.437	7/16	1/4	2.16	2 1/8	0.343	5/16	0.813	13/16	0.514	0.380	0.318	0.689	5.66
C 8 X 11.5	11.5	3.37	8.00	8	0.220	1/4	1/8	2.26	2 1/4	0.390	3/8	0.938	15/16	0.572	0.697	0.211	0.756	7.61
C 8 X 13.7	13.75	4.03	8.00	8	0.303	5/16	3/16	2.34	2 3/8	0.390	3/8	0.938	15/16	0.554	0.604	0.252	0.774	7.61
C 8 X 18.7	18.75	5.51	8.00	8	0.487	1/2	1/4	2.53	2 1/2	0.390	3/8	0.938	15/16	0.565	0.431	0.344	0.800	7.61
C 10 X 15.3	15.3	4.48	10.0	10	0.240	1/4	1/8	2.60	2 5/8	0.436	7/16	1.00	1	0.634	0.796	0.224	0.868	9.56
C 10 X 20	20.0	5.87	10.0	10	0.379	3/8	3/16	2.74	2 3/4	0.436	7/16	1.00	1	0.606	0.636	0.294	0.894	9.56
C 10 X 25	25.0	7.35	10.0	10	0.526	1/2	1/4	2.89	2 7/8	0.436	7/16	1.00	1	0.617	0.494	0.367	0.911	9.56
C 10 X 30	30.0	8.81	10.0	10	0.673	11/16	3/8	3.03	3	0.436	7/16	1.00	1	0.649	0.368	0.441	0.924	9.56
C 12 X 20.7	20.7	6.08	12.0	12	0.282	5/16	3/16	2.94	3	0.501	1/2	1.13	1 1/8	0.698	0.870	0.253	0.983	11.5
C 12 X 25	25.0	7.34	12.0	12	0.387	3/8	3/16	3.05	3	0.501	1/2	1.13	1 1/8	0.674	0.746	0.306	1.00	11.5
C 12 X 30	30.0	8.81	12.0	12	0.510	1/2	1/4	3.17	3 1/8	0.501	1/2	1.13	1 1/8	0.674	0.618	0.367	1.01	11.5

## TABLA DE DIMENSIONES Y PROPIEDADES

### Canal CPS (CE) Milímetros

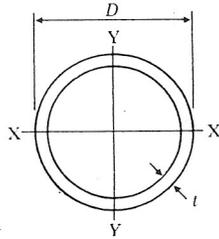
Canal Perfil Estándar (CE)	Peso	Área	Peralte		Espesor			Patín		Espesor		Distancia						
	kg/m	A mm <sup>2</sup>	d mm	d <sub>det</sub> mm	t <sub>w</sub> mm	t <sub>wdet</sub> mm	t <sub>wdet</sub> /2 mm	b <sub>f</sub> mm	b <sub>fdet</sub> mm	t <sub>f</sub> mm	t <sub>fdet</sub> mm	k <sub>des</sub> mm	k <sub>det</sub> mm	x mm	e <sub>o</sub> mm	x <sub>p</sub> mm	r <sub>ts</sub> mm	h <sub>o</sub> mm
C 150 X 12.2	12.2	1540	152	152	5.08	4.76	3.18	48.8	47.6	8.71	7.94	20.7	20.6	13.0	15.2	5.05	16.3	144
C 150 X 15.6	15.6	1980	152	152	7.98	7.94	4.76	51.6	50.8	8.71	7.94	20.7	20.6	12.7	12.3	6.50	17.0	144
C 150 X 19.3	19.3	2460	152	152	11.1	11.1	6.35	54.9	54.0	8.71	7.94	20.7	20.6	13.1	9.65	8.08	17.5	144
C 200 X 17.1	17.1	2170	203	203	5.59	6.35	3.18	57.4	57.2	9.91	9.52	23.8	23.8	14.5	17.7	5.36	19.2	193
C 200 X 20.5	20.5	2600	203	203	7.70	7.94	4.76	59.4	60.3	9.91	9.52	23.8	23.8	14.1	15.3	6.40	19.7	193
C 200 X 27.9	27.9	3550	203	203	12.4	12.7	6.35	64.3	63.5	9.91	9.52	23.8	23.8	14.4	10.9	8.74	20.3	193
C 250 X 22.8	22.8	2890	254	254	6.10	6.35	3.18	66.0	66.7	11.1	11.1	25.4	25.4	16.1	20.2	5.69	22.0	243
C 250 X 30	30.0	3790	254	254	9.63	9.52	4.76	69.6	69.8	11.1	11.1	25.4	25.4	15.4	16.2	7.47	22.7	243
C 250 X 37	37.0	4740	254	254	13.4	12.7	6.35	73.4	73.0	11.1	11.1	25.4	25.4	15.7	12.5	9.32	23.1	243
C 250 X 45	45.0	5680	254	254	17.1	17.5	9.52	77.0	76.2	11.1	11.1	25.4	25.4	16.5	9.35	11.2	23.5	243
C 310 X 30.8	30.8	3920	305	305	7.16	7.94	4.76	74.7	76.2	12.7	12.7	28.7	28.6	17.7	22.1	6.43	25.0	292
C 310 X 37	37.0	4740	305	305	9.83	9.52	4.76	77.5	76.2	12.7	12.7	28.7	28.6	17.1	18.9	7.77	25.4	292
C 310 X 45	45.0	5680	305	305	13.0	12.7	6.35	80.5	79.4	12.7	12.7	28.7	28.6	17.1	15.7	9.32	25.7	292



**Canal CPS (CE)**

Relación ancho/gueso		Propiedades de Diseño								Constantes de Torsión									
Patines	Alma	$I_x$	$Z_x$	$S_x$	$r_x$	$I_y$	$Z_y$	$S_y$	$r_y$	$J$	$C_w$	$r_o$	$H$	$W_{no}$	$S_{wf}$	$S_{w2}$	$S_{w3}$	$Q_r$	$Q_w$
$b/t$	$h/t_w$	$pulg^4$	$pulg^3$	$pulg^3$	$pulg$	$pulg^4$	$pulg^3$	$pulg^3$	$pulg$	$pulg^4$	$pulg^4$	$pulg$		$pulg^2$	$pulg^4$	$pulg^4$	$pulg^4$	$pulg^3$	$pulg^3$
5.60	24.1	13.1	5.16	4.35	2.34	0.687	0.987	0.488	0.536	0.0736	4.70	2.65	0.824	3.17	0.610	0.373	0.187	1.67	2.57
5.92	15.3	15.1	6.18	5.04	2.22	0.860	1.14	0.561	0.529	0.128	5.91	2.48	0.842	3.48	0.734	0.534	0.275	1.66	3.08
6.30	11.0	17.3	7.29	5.78	2.13	1.05	1.35	0.638	0.524	0.237	7.19	2.37	0.858	3.80	0.875	0.702	0.345	1.67	3.64
5.79	30.0	32.5	9.63	8.14	3.11	1.31	1.57	0.775	0.623	0.130	16.5	3.41	0.862	5.11	1.34	0.855	0.430	3.03	4.79
6.00	21.8	36.1	11.0	9.02	2.99	1.52	1.73	0.848	0.613	0.186	19.2	3.26	0.874	5.45	1.52	1.10	0.557	3.02	5.45
6.49	13.5	43.9	13.9	11.0	2.82	1.97	2.17	1.01	0.598	0.434	25.1	3.05	0.894	6.13	1.93	1.59	0.788	3.03	6.93
5.96	35.3	67.3	15.9	13.5	3.88	2.27	2.34	1.15	0.711	0.209	45.5	4.19	0.884	7.48	2.55	1.67	0.841	4.92	7.92
6.28	22.3	78.9	19.4	15.8	3.67	2.80	2.70	1.31	0.690	0.368	56.9	3.93	0.900	8.25	3.10	2.39	1.18	4.92	9.66
6.63	16.1	91.1	23.1	18.2	3.52	3.34	3.18	1.47	0.675	0.687	68.3	3.76	0.912	8.94	3.64	3.05	1.50	4.93	11.5
6.95	12.6	103	26.7	20.7	3.43	3.93	3.78	1.65	0.668	1.22	79.5	3.63	0.921	9.51	4.12	3.61	1.81	4.91	13.3
5.87	36.3	129	25.6	21.5	4.61	3.86	3.47	1.72	0.797	0.369	112	4.93	0.899	10.3	4.60	3.13	1.58	7.66	12.7
6.09	26.5	144	29.4	24.0	4.43	4.45	3.82	1.87	0.779	0.538	130	4.72	0.909	11.0	5.29	4.02	1.99	7.67	14.6
6.33	20.1	162	33.8	27.0	4.29	5.12	4.32	2.05	0.762	0.861	151	4.54	0.919	11.7	6.01	4.91	2.45	7.66	16.8

Relación ancho/gueso		Propiedades de Diseño								Constantes de Torsión									
Patines	Alma	$I_x$	$Z_x$	$S_x$	$r_x$	$I_y$	$Z_y$	$S_y$	$r_y$	$J$	$C_w$	$r_o$	$H$	$W_{no}$	$S_{wf}$	$S_{w2}$	$S_{w3}$	$Q_r$	$Q_w$
$b/t$	$h/t_w$	$mm^4/10^6$	$mm^3/10^3$	$mm^3/10^3$	$mm$	$mm^4/10^6$	$mm^3/10^3$	$mm^3/10^3$	$mm$	$mm^4/10^3$	$mm^3/10^3$	$mm$		$mm^2$	$mm^4/10^6$	$mm^4/10^6$	$mm^4/10^6$	$mm^3/10^3$	$mm^3/10^3$
5.60	24.1	5.45	84.6	71.3	59.4	0.286	16.2	8.00	13.6	30.6	1.26	67.3	0.824	2050	0.254	0.155	0.0778	27.4	42.1
5.92	15.3	6.29	101	82.6	56.4	0.358	18.7	9.19	13.4	53.3	1.59	63.0	0.842	2250	0.306	0.222	0.114	27.2	50.5
6.30	11.0	7.20	119	94.7	54.1	0.437	22.1	10.5	13.3	98.6	1.93	60.2	0.858	2450	0.364	0.292	0.144	27.4	59.6
5.79	30.0	13.5	158	133	79.0	0.545	25.7	12.7	15.8	54.1	4.43	86.6	0.862	3300	0.558	0.356	0.179	49.7	78.5
6.00	21.8	15.0	180	148	75.9	0.633	28.3	13.9	15.6	77.4	5.16	82.8	0.874	3520	0.633	0.458	0.232	49.5	89.3
6.49	13.5	18.3	228	180	71.6	0.820	35.6	16.6	15.2	181	6.74	77.5	0.894	3950	0.803	0.662	0.328	49.7	114
5.96	35.3	28.0	261	221	98.6	0.945	38.3	18.8	18.1	87.0	12.2	106	0.884	4830	1.06	0.695	0.350	80.6	130
6.28	22.3	32.8	318	259	93.2	1.17	44.2	21.5	17.5	153	15.3	99.8	0.900	5320	1.29	0.995	0.491	80.6	158
6.63	16.1	37.9	379	298	89.4	1.39	52.1	24.1	17.1	286	18.3	95.5	0.912	5770	1.52	1.27	0.624	80.8	188
6.95	12.6	42.9	438	339	87.1	1.64	61.9	27.0	17.0	508	21.3	92.2	0.921	6140	1.71	1.50	0.753	80.5	218
5.87	36.3	53.7	420	352	117	1.61	56.9	28.2	20.2	154	30.1	125	0.899	6650	1.91	1.30	0.658	126	208
6.09	26.5	59.9	482	393	113	1.85	62.6	30.6	19.8	224	34.9	120	0.909	7100	2.20	1.67	0.828	126	239
6.33	20.1	67.4	554	442	109	2.13	70.8	33.6	19.4	358	40.5	115	0.919	7550	2.50	2.04	1.02	126	275

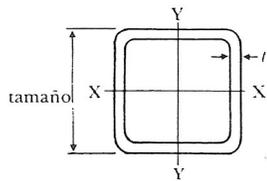


**OC**  
**TUBO CIRCULAR**  
**DIMENSIONES Y PROPIEDADES**

Designación $D \times t$		Diámetro nominal	Diámetro interior	Peso	Área	Ejes X-X y Y-Y			Denominación
						$I$	$S$	$r$	
mm* × mm	in. × in.	in.	mm	kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	
21 × 2,77 × 3,73	0,84 × 0,110 × 0,147	1/2	15,76	1,27	1,61	0,71	0,66	0,66	40 E
			13,84	1,62	2,06	0,83	0,78	0,64	80 XE
27 × 2,87 × 3,91	1,05 × 0,113 × 0,154	3/4	20,96	1,69	2,15	1,55	1,16	0,85	40 E
			18,88	2,20	2,80	1,87	1,40	0,82	80 XE
33 × 3,38 × 4,55	1,315 × 0,133 × 0,179	1	26,64	2,50	3,19	3,64	2,18	1,07	40 E
			24,30	3,24	4,12	4,40	2,63	1,03	80 XE
42 × 3,56 × 4,85	1,66 × 0,140 × 0,191	1 1/4	35,08	3,39	4,32	8,13	3,85	1,37	40 E
			32,50	4,47	5,69	10,09	4,78	1,33	80 XE
48 × 3,68 × 5,08	1,90 × 0,145 × 0,200	1 1/2	40,94	4,05	5,16	12,93	5,35	1,58	40 E
			38,14	5,41	6,90	16,33	6,76	1,54	80 E
60 × 3,91 × 5,54	2,375 × 0,154 × 0,218	2	52,48	5,44	6,93	27,66	9,18	2,00	40 E
			49,22	7,48	9,53	36,09	11,97	1,95	80 XE
× 8,74 × 11,07	× 0,344 × 0,436		42,82	11,11	14,16	48,40	16,05	1,85	160
			38,16	13,44	17,12	54,49	18,07	1,78	XXE
73 × 5,16 × 7,01	2,875 × 0,203 × 0,276	2 1/2	62,68	8,63	11,00	63,63	17,43	2,41	40 E
			58,98	11,41	14,53	80,00	21,92	2,35	80 XE
× 9,53 × 14,02	× 0,375 × 0,552		53,94	14,92	19,00	97,85	26,81	2,27	160
			44,96	20,39	25,98	119,34	32,70	2,14	XXE
89 × 5,49 × 7,62	3,5 × 0,216 × 0,300	3	77,92	11,29	14,39	125,65	28,27	2,96	40 E
			73,66	15,27	19,46	162,09	36,47	2,89	80 XE
× 11,13 × 15,24	× 0,438 × 0,600		66,64	21,35	27,19	209,80	47,20	2,78	160
			58,42	27,68	35,27	249,43	56,11	2,66	XXE
102 × 5,74 × 8,08	4 × 0,226 × 0,318	3 1/2	90,12	13,57	17,29	199,27	39,23	3,40	40 E
			85,44	18,64	23,74	261,47	51,47	3,32	80 XE

## NOTAS:

Se recomienda que al ordenar tubos de acero se especifique la norma oficial mexicana, el diámetro exterior y el espesor de pared.  
Se fabrican tubos de otros diámetros y espesores que no aparecen en esta tabla, por lo que deberán consultarse los catálogos de los fabricantes.  
Los espesores sombreados no son de fabricación común, por lo que se recomienda consultar con el proveedor su disponibilidad.  
\* Redondeado al milímetro.

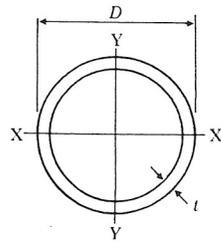


**OR**  
**TUBO CUADRADO**  
**DIMENSIONES Y PROPIEDADES**

Designación Tamaño y espesor <i>t</i>		Peso		Área	Ejes X-X y Y-Y		
					<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>
mm x mm	in. x in.	kg/m	lb./ft.	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
178 x 4,8	7 x 0,188	25,42	17,08	32,39	1 602,49	180,26	7,04
x 6,4	x 0,250	33,36	22,42	42,52	2 056,18	231,10	6,96
x 7,9	x 0,313	41,06	27,59	52,32	2 476,58	278,58	6,88
x 9,5	x 0,375	48,48	32,58	61,81	2 859,51	321,19	6,81
x 12,7	x 0,500	62,58	42,05	80,00	3 251,32	396,57	6,65
203 x 4,8	8 x 0,188	29,21	19,63	37,23	2 422,47	239,25	8,08
x 6,4	x 0,250	38,42	25,82	48,97	3 125,90	308,10	8,00
x 7,9	x 0,313	47,38	31,84	60,39	3 783,54	372,00	7,92
x 9,5	x 0,375	56,10	37,69	71,61	4 412,10	432,62	7,85
x 12,7	x 0,500	72,70	48,85	92,90	5 452,63	539,13	7,69
x 15,8	x 0,625	88,28	59,28	112,28	6 368,34	627,62	7,52
254 x 6,4	10 x 0,250	48,56	32,63	61,87	6 285	493,25	10,1
x 7,9	x 0,313	60,00	40,35	76,77	7 617	601,41	9,98
x 9,5	x 0,375	71,28	47,90	90,97	8 907	703,00	9,91
x 12,7	x 0,500	92,95	62,46	118,71	11 280	881,18	9,75
x 15,8	x 0,625	113,60	76,33	144,52	13 361	1 052	9,60
305 x 6,4	12 x 0,250	58,68	39,43	74,84	11 030	722,67	12,14
x 7,9	x 0,313	72,71	48,86	92,90	13 486	884,90	12,06
x 9,5	x 0,375	86,46	58,10	110,32	15 817	1 039	12,00
x 12,7	x 0,500	113,20	76,07	144,52	20 187	1 325,71	11,84
356 x 7,9	14 x 0,313	85,36	57,36	109,00	21 727	1 222,48	14,15
x 9,5	x 0,375	101,66	68,31	129,68	25 598	1 440,42	14,07
x 12,7	x 0,500	133,46	89,68	170,32	32 924	1 851,74	13,92
406 x 7,9	16 x 0,313	98,00	65,87	125,16	32 841	1 615,76	16,21
x 9,5	x 0,375	116,85	78,52	149,00	38 751	1 900,9	16,13
x 12,7	x 0,500	153,73	103,30	196,13	44 948	2 458	15,98

NOTA:

Los perfiles sombreados no son de fabricación común, por lo que se recomienda consultar con el proveedor su disponibilidad.



**OC**  
**TUBO CIRCULAR**  
**DIMENSIONES Y PROPIEDADES**

Designación $D \times t$		Diámetro nominal	Diámetro interior	Peso	Área	Ejes X-X y Y-Y			Denominación
						$I$	$S$	$r$	
mm* × mm	in. × in.	in.	mm	kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	
114 × 6,02 × 8,56 × 11,13 × 13,49 × 17,12	4,5 × 0,237 × 0,337 × 0,438 × 0,531 × 0,674	4	102,26	16,08	20,48	301,05	52,68	3,83	40 E
			97,18	22,32	28,44	400,03	70,00	3,75	80 XE
			92,04	28,32	36,07	485,56	84,96	3,67	120
			87,32	33,54	42,72	552,45	96,67	3,60	160
			80,06	41,03	52,27	636,16	111,31	3,49	XXE
141 × 6,55 × 9,53 × 12,70 × 15,88 × 19,05	5,56 × 0,258 × 0,375 × 0,500 × 0,652 × 0,750	5	128,20	21,77	27,73	630,83	89,29	4,77	40 E
			122,24	30,97	39,45	860,73	121,83	4,67	80 XE
			115,90	40,28	51,31	1 071,03	151,60	4,57	120
			109,54	49,12	62,57	1 250,02	176,93	4,47	160
			103,20	57,43	73,16	1 399,98	198,16	4,37	XXE
168 × 7,11 × 10,97 × 14,27 × 18,26 × 21,95	6,63 × 0,280 × 0,432 × 0,562 × 0,719 × 0,864	6	154,08	28,26	36,00	1 171,63	139,23	5,70	40 E
			146,36	42,56	54,22	1 685,81	200,33	5,58	80 XE
			139,76	54,21	69,05	2 065,43	245,45	5,47	120
			131,78	67,57	86,07	2 457,92	292,09	5,34	160
			124,40	79,22	100,92	2 762,70	328,31	5,23	XXE
219 × 6,35 × 7,04 × 8,18 × 10,31 × 12,70 × 15,09 × 18,25 × 20,62 × 22,23	8,63 × 0,250 × 0,277 × 0,322 × 0,406 × 0,500 × 0,594 × 0,719 × 0,812 × 0,875	8	206,40	33,32	42,44	2 403,40	219,39	7,53	20
			205,02	36,82	46,90	2 639,28	240,92	7,50	30
			202,74	42,55	54,20	3 018,69	275,55	7,46	40 E
			198,48	53,09	67,63	3 694,07	337,20	7,39	60
			193,70	64,64	82,35	4 401,83	401,81	7,31	80 XE
			188,92	75,92	96,71	5 059,09	461,81	7,23	100
			182,60	90,40	115,16	5 854,75	534,44	7,13	120
			177,86	100,93	128,57	6 399,72	584,18	7,06	140
			174,64	107,93	137,49	6 745,91	615,78	7,00	XXE
273 × 6,35 × 7,80 × 9,27 × 12,70 × 15,09 × 18,26 × 21,44	10,75 × 0,250 × 0,307 × 0,365 × 0,500 × 0,594 × 0,719 × 0,844	10	260,40	41,77	53,21	4 735,77	346,82	9,43	20
			257,50	51,03	65,01	5 724,55	419,23	9,38	30
			254,56	60,31	76,83	6 693,37	490,18	9,33	40 E
			247,70	81,56	103,89	8 827,05	646,43	9,22	60 XE
			242,92	96,02	122,31	10 212,70	747,91	9,14	80
			236,58	114,76	146,19	11 928,50	873,56	9,03	100
			230,22	133,06	169,51	13 516,60	989,86	8,93	120

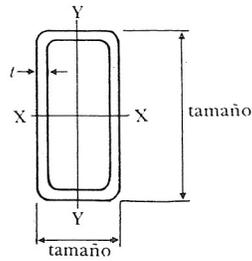
## NOTAS:

Se recomienda que al ordenar tubos de acero se especifique la norma oficial mexicana, el diámetro exterior y el espesor de pared.

Se fabrican tubos de otros diámetros y espesores que no aparecen en esta tabla, por lo que deberán consultarse los catálogos de los fabricantes.

Los espesores sombreados no son de fabricación común, por lo que se recomienda consultar con el proveedor su disponibilidad.

\* Redondeado al milímetro.

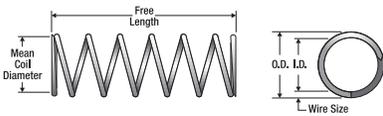


**OR**  
**TUBO RECTANGULAR**  
**DIMENSIONES Y PROPIEDADES**

Designación tamaño y espesor <i>t</i>		Peso		Área	Eje X-X			Eje Y-Y			
					<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	
mm × mm × mm	in. × in. × in.	kg/m	lb./ft.	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	
203 × 102 ×	4,8	8 × 4 × 0,188	21,62	14,53	27,55	1 469,30	144,70	7,32	449,48	98,65	4,27
	× 6,4	× 0,250	28,30	19,02	36,06	1 877,20	185,17	7,21	636,83	126	4,19
	× 7,9	× 0,313	34,73	23,34	44,26	2 243,49	221,23	7,11	753,38	148,3	4,11
	× 9,5	× 0,375	40,89	27,48	52,13	2 576,47	254,00	7,03	857,44	168,79	4,06
	× 12,7	× 0,500	52,44	35,24	67,10	3 125,90	308,08	6,83	1 023,93	201,56	3,91
203 × 152 ×	4,8	8 × 6 × 0,188	25,42	17,08	32,39	1 984,0	191,73	7,75	1 252,86	163,87	6,22
	× 6,4	× 0,250	33,36	22,42	42,52	2 510,60	245,81	7,68	1 606,65	211,4	6,15
	× 7,9	× 0,313	41,06	27,59	52,32	3 013,52	296,61	7,60	1 931,31	254	6,07
	× 9,5	× 0,375	48,48	32,58	61,81	3 483,86	342,48	7,52	2 226,84	291,70	6,00
	× 12,7	× 0,500	62,58	42,05	80,00	4 287,18	422,79	7,34	2 734,64	358,88	5,87
254 × 51 ×	4,8	10 × 2 × 0,188	21,62	14,53	27,55	1 818,93	143,22	8,13	130,70	51,46	2,18
	× 6,4	× 0,250	28,30	19,02	36,10	2 310,10	181,90	8,00	160,25	63,10	2,11
	× 7,9	× 0,313	34,73	23,34	44,26	2 751,30	261,31	7,87	183,97	72,43	2,04
	× 9,5	× 0,375	40,89	27,48	52,13	3 138,38	247,45	7,77	201,87	79,48	1,97
254 × 102 ×	4,8	10 × 4 × 0,188	25,42	17,08	32,39	2 568,15	201,56	8,91	616,02	121,10	4,37
	× 6,4	× 0,250	33,36	22,42	42,52	3 300,72	260,55	8,81	782,52	153,87	4,30
	× 7,9	× 0,313	41,09	27,59	52,32	3 954,20	313,00	8,71	932,36	183,54	4,22
	× 9,5	× 0,375	48,48	32,58	61,81	4 578,55	360,52	8,61	1 061,40	209,75	4,14
	× 12,7	× 0,500	52,58	42,05	80,00	5 660,75	444,10	8,40	1 282	252,36	4,01
254 × 152 ×	4,8	10 × 6 × 0,188	29,21	19,63	37,23	3 321,53	262,20	9,45	1 519,24	199,92	6,38
	× 6,4	× 0,250	38,42	25,82	48,97	4 287,18	337,57	9,37	1 952,13	255,64	6,32
	× 7,9	× 0,313	47,38	31,84	60,39	5 202,90	409,68	9,27	2 351,71	308,10	6,25
	× 9,5	× 0,375	56,10	37,69	71,61	6 035,36	475,22	9,19	2 722,15	357,24	6,17
	× 12,7	× 0,500	72,70	48,85	92,90	7 533,80	593,21	9,01	3 363,15	440,81	6,02

NOTA:

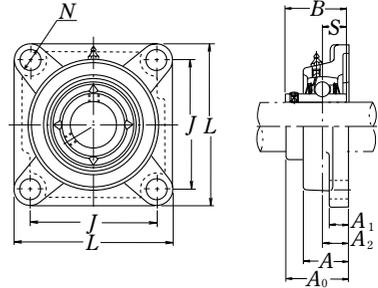
Los perfiles sombreados no son de fabricación común, por lo que se recomienda consultar con el proveedor su disponibilidad.



1-800-237-5225  
1-213-749-1466  
Fax (213)749-3802  
www.centuryspring.com

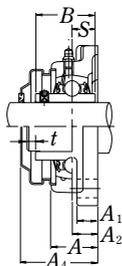
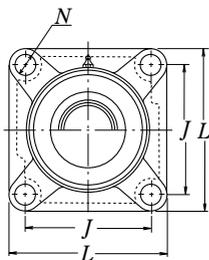
O.D.		CENTURY STOCK NUMBER	FREE LENGTH		I.D.		RATE		SUGG. MAX. DEFL.		SUGG. MAX. LOAD		SOLID LENGTH		WIRE DIA.		TOTAL COILS	MAT'L	ENDS	FINISH
Inches	mm		Inches	mm	Inches	mm	Lbs./In.	N/mm	Inches	mm	Lbs.	N	Inches	mm	Inches	mm				
1.250	31.75	33	4.00	101.6	.800	20.3	302	53	.79	20	239	1061	3.00	76.2	0.225	5.7	13.3	HD	CG	Z
1.250	31.75	4264	4.50	114.3	1.010	25.7	23	4.0	1.9	49	44	195	1.44	36.6	0.120	3.0	11.0	SPR	C	Z
1.250	31.75	3179	4.59	116.7	1.024	26.0	10	1.8	2.6	65	26	115	2.02	51.3	0.113	2.9	18.0	SPR	CG	Z
1.250	31.75	11681	4.63	117.5	.980	24.9	26	4.5	2.4	60	60	268	2.09	53.1	0.135	3.4	15.5	SPR	CG	Z
1.250	31.75	S-954	4.75	120.7	1.124	28.5	.74	.13	3.6	90	2.6	12	1.20	30.4	0.063	1.6	18.0	SST	C	N
1.250	31.75	1765	4.75	120.7	1.068	27.1	5.8	1.0	3.5	88	20	89	1.18	30.0	0.091	2.3	13.0	HD	CG	Z
1.250	31.75	4100	5.00	127.0	.814	20.7	328	57	.69	18	226	1007	2.40	60.9	0.218	5.5	11.0	SPR	CG	Z
1.250	31.75	3145	5.06	128.6	.896	22.8	143	25	.91	23	130	578	1.77	45.0	0.177	4.5	10.0	SPR	CG	Z
1.250	31.75	12772	5.75	146.1	.950	24.1	36	6.2	2.15	56	77.4	344	2.56	65.1	0.148	3.8	16.3	HD	C	Z
1.250	31.75	3448	6.00	152.4	1.136	28.9	1.1	.20	4.9	124	5.5	24	.63	15.9	0.057	1.4	10.0	SPR	C	Z
1.250	31.75	248	6.25	158.8	.926	23.5	51	9.0	2.0	50	100	447	2.75	70.0	0.162	4.1	17.0	HD	CG	Z
1.250	31.75	3043	6.38	161.9	.990	25.1	19	3.2	2.9	74	54	240	2.31	58.6	0.130	3.3	17.8	SPR	CG	Z
1.250	31.75	S-959	6.88	174.6	.956	24.3	22	3.8	3.2	81	70	310	3.23	82.1	0.147	3.7	22.0	SST	CG	N
1.250	31.75	3210	7.00	177.8	.926	23.5	57	10	1.8	45	100	447	2.51	63.8	0.162	4.1	15.5	SPR	CG	Z
1.250	31.75	2725	7.63	193.7	.954	24.2	26	4.6	3.0	76	79	351	3.18	80.8	0.148	3.8	21.5	SPR	CG	Z
1.250	31.75	12648	8.00	203.2	1.066	27.1	12	2.1	1.7	44	21	92	.78	19.9	0.092	2.3	7.50	SPR	C	Z
1.250	31.75	12658	8.00	203.2	1.062	27.0	4.6	.81	6.2	158	29	128	1.76	44.8	0.094	2.4	17.8	MW	C	Z
1.250	31.75	4181	8.00	203.2	1.010	25.7	9.8	1.7	4.5	113	44	195	2.88	73.2	0.120	3.0	23.0	SPR	C	Z
1.250	31.75	849	8.00	203.2	.926	23.5	32	5.6	3.1	80	100	447	4.21	107.0	0.162	4.1	26.0	HD	CG	Z
1.250	31.75	2996	8.38	212.7	1.022	26.0	7.3	1.3	5.2	132	38	168	2.82	71.7	0.114	2.9	24.8	SPR	CG	Z
1.250	31.75	822	10.0	254.0	.954	24.2	18	3.2	4.3	110	79	351	4.48	113.7	0.148	3.8	30.3	HD	CG	Z
1.250	31.75	3460	11.8	298.5	1.066	27.1	2.8	.48	7.5	190	21	92	2.48	63.1	0.092	2.3	26.0	HD	C	GI
1.250	31.75	868	12.0	304.8	1.010	25.7	6.7	1.2	6.6	167	44	195	4.08	103.6	0.120	3.0	33.0	HD	C	Z
1.250	31.75	860	12.0	304.8	.980	24.9	11	1.8	5.7	146	60	268	4.83	122.6	0.135	3.4	34.8	HD	C	Z
1.250	31.75	839	12.0	304.8	.866	22.0	55	9.6	2.9	73	157	699	6.14	156.1	0.192	4.9	32.0	HD	CG	Z
1.250	31.75	802	12.0	304.8	.836	21.2	67	12	2.9	73	195	868	7.56	191.9	0.207	5.3	36.5	HD	CG	Z
1.250	31.75	834	12.0	304.8	.800	20.3	93	16	2.6	65	239	1061	8.72	221.5	0.225	5.7	38.8	HD	CG	Z
1.250	31.75	S-3047	16.0	406.4	1.070	27.2	1.5	.26	12	313	18	80	3.51	89.2	0.090	2.3	38.0	SST	C	N
1.250	31.75	4000	19.0	482.6	1.000	25.4	5.9	1.0	8.4	214	50	220	5.50	139.7	0.125	3.2	44.0	SPR	CG	Z
1.250	31.75	4045	24.8	628.7	.750	19.1	97	17	3.3	84	322	1431	15.0	381.0	0.250	6.4	60.0	SPR	CG	Z
1.266	32.16	S-3199	.75	19.1	1.124	28.5	19	3.3	.49	12	9.2	41	.21	5.4	0.071	1.8	3.00	SST	CG	N
1.266	32.16	2957	1.41	35.7	1.056	26.8	45	7.8	.68	17	30	134	.47	12.0	0.105	2.7	4.50	SPR	CG	Z
1.266	32.16	10292	1.44	36.5	1.094	27.8	19	3.4	.91	23	17	77	.39	9.8	0.086	2.2	4.50	SPR	CG	Z
1.266	32.16	11212	1.53	38.9	.926	23.5	304	53	.38	9.5	114	508	.85	21.6	0.170	4.3	5.00	SPR	CG	Z
1.266	32.16	11210	1.63	41.3	.970	24.6	165	29	.47	12	78	347	.89	22.6	0.148	3.8	5.00	SPR	C	Z
1.266	32.16	2600	1.75	44.5	1.056	26.8	41	7.1	1.0	26	42	188	.50	12.7	0.105	2.7	4.75	MW	CG	Z
1.266	32.16	11796	1.97	50.0	1.164	29.6	1.1	.19	1.6	42	1.7	7.8	.33	8.4	0.051	1.3	6.50	SST	CG	N
1.266	32.16	B18-186	2.03	51.6	.766	19.5	1357	238	.20	5.0	268	1192	1.38	34.9	0.250	6.4	5.50	SST	CG	N
1.266	32.16	11857	2.47	62.7	1.128	28.7	6.3	1.1	1.5	38	9.5	42	.35	8.8	0.069	1.8	5.00	SPR	CG	N
1.266	32.16	S-348	2.75	69.9	1.016	25.8	37	6.5	1.2	30	45	199	.94	23.8	0.125	3.2	7.50	SST	CG	N
1.266	32.16	10169	2.75	69.9	.912	23.2	156	27	.82	21	128	571	1.59	40.5	0.177	4.5	9.00	SPR	CG	Z
1.266	32.16	11503	2.75	69.9	.850	21.6	284	50	.46	12	131	584	2.29	58.1	0.208	5.3	10.0	SPR	CG	Z
1.266	32.16	11700	3.09	78.6	1.182	30.0	.81	.14	2.8	72	2.3	10	.25	6.4	0.042	1.1	5.00	SPR	C	Z
1.266	32.16	11788	3.31	84.1	1.054	26.8	17	2.9	1.9	48	31	138	.95	24.2	0.106	2.7	9.00	SPR	CG	Z
1.266	32.16	S-335	4.00	101.6	.882	22.4	224	39	.60	15	134	595	1.56	39.6	0.192	4.9	8.00	SST	CG	N
1.266	32.16	10515	4.13	104.8	1.056	26.8	9.7	1.7	2.7	69	26	117	1.42	36.0	0.105	2.7	13.5	SPR	CG	Z
1.266	32.16	12512	4.19	106.3	.922	23.4	120	21	1.4	35	165	736	1.89	48.1	0.172	4.4	10.0	MW	C	N
1.266	32.16	S-1128	4.25	108.0	1.142	29.0	1.1	.19	3.4	87	3.6	16	.81	20.5	0.062	1.6	12.0	SST	C	N
1.266	32.16	11903	5.09	129.4	1.144	29.1	.63	.11	3.9	100	2.5	11	1.16	29.4	0.061	1.5	18.0	SST	C	N
1.266	32.16	2712	6.00	152.4	.954	24.2	37	6.4	2.4	62	89	395	3.16	80.3	0.156	4.0	20.0	SPR	CG	Z
1.266	32.16	11562	7.25	184.2	1.028	26.1	12	2.0	3.7	93	42	188	2.32	58.9	0.119	3.0	18.5	SPR	CG	GI
1.266	32.16	3283	8.00	203.2	1.026	26.1	9.4	1.7	4.6	117	43	193	2.88	73.2	0.120	3.0	23.0	HD	C	Z
1.266	32.16	4164	8.25	209.6	.906	23.0	51	9.0	2.5	64	129	573	4.50	114.3	0.180	4.6	25.0	SPR	CG	Z
1.266	32.16	3377	9.38	238.1	1.052	26.7	5.5	.96	5.8	147	32	142	2.68	67.9	0.107	2.7	24.0	SPR	C	Z
1.281	32.54	B8-59	.59	15.1	1.125	28.6	11	1.9	.24	6.1	2.6	12	.35	8.9	0.078	2.0	4.50	SST	CG	N
1.281	32.54	3620	.69	17.4	1.157	29.4	3.9	.68	.38	9.6	1.5	6.6	.31	7.9	0.062	1.6	5.00	SPR	CG	Z
1.281	32.54	S-1683	.95	24.2	.997	25.3	229	40	.27	6.8	62	274	.50	12.6	0.142	3.6	3.50	SST	CG	N
1.281	32.54	S-3031	1.00	25.4	1.099	27.9	20	3.6	.59	15	12	53	.41	10.4	0.091	2.3	4.50	SST	CG	N
1.281	32.54	S-291	1.13	28.6	1.157	29.4	5.1	.89	.88	22	4.5	20	.25	6.3	0.062	1.6	4.00	SST	CG	N
1.281	32.54	A14-50	1.28	32.5	1.119	28.4	14	2.5	.94	24	13	59	.34	8.7	0.081	2.1	4.25	SST	CG	N
1.281	32.54	10459	1.50	38.1	1.111	28.2	15	2.6	1.1	27	16	70	.43	10.8	0.085	2.2	5.00	SPR	CG	Z
1.281	32.54	11668	1.50	38.1	1.001	25.4	124	22	.53	13	66	292	.70	17.8	0.140	3.6	5.00	SPR	CG	GI
1.281	32.54	11187	1.56	39.7	1.071	27.2	36	6.3	.83	21	30	133	.53	13.3	0.105	2.7	5.00	HD	CG	Z
1.281	32.54	3041	1.75	44.5	1.157	29.4	2.9	.51	1.3	33	3.9	17	.43	11.0	0.062	1.6	6.00	SPR	C	Z
1.281	32.54	11944	1.75	44.5	1.115	28.3	13	2.3	1.2	30	15	69	.42	10.5	0.083	2.1	5.00	SPR	CG	Z
1.281	32.54	1896	1.75	44.5	.987	25.1	132	23	.81	20	106	471	.81	20.5	0.147	3.7	5.50	MW	CG	Z
1.281	32.54	816	2.13	54.0	.957	24.3	128	22	.76	19	98	437	1.22	30.9						

## Soportes tipo brida cuadrada con tornillos de apriete



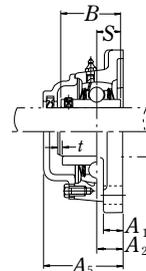
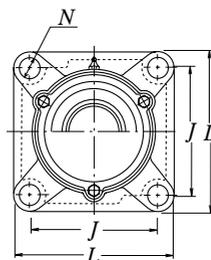
Diám. Eje  mm pulgadas	Designación soporte <sup>(1)</sup>	Dimensiones nominales									Tamaño tornillo  mm pulgadas	Número de rodamiento
		mm pulgadas										
		L	J	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A	N	A <sub>0</sub>	B	S		
<b>12</b> <b>1/2</b>	<b>UCF201D1</b> <b>UCF201-008D1</b>	86 3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	64 2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	15 19/ <sub>32</sub>	11 7/ <sub>16</sub>	25.5 1	12 15/ <sub>32</sub>	33.3 1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	31 1.2205	12.7 0.500	M10 3/ <sub>8</sub>	UC201D1 UC201-008D1
<b>15</b> <b>9/16</b> <b>5/8</b>	<b>UCF202D1</b> <b>UCF202-009D1</b> <b>UCF202-010D1</b>	86 3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	64 2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	15 19/ <sub>32</sub>	11 7/ <sub>16</sub>	25.5 1	12 15/ <sub>32</sub>	33.3 1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	31 1.2205	12.7 0.500	M10 3/ <sub>8</sub>	UC202D1 UC202-009D1 UC202-010D1
<b>17</b> <b>11/16</b>	<b>UCF203D1</b> <b>UCF203-011D1</b>	86 3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	64 2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	15 19/ <sub>32</sub>	11 7/ <sub>16</sub>	25.5 1	12 15/ <sub>32</sub>	33.3 1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	31 1.2205	12.7 0.500	M10 3/ <sub>8</sub>	UC203D1 UC203-011D1
<b>20</b> <b>3/4</b>	<b>UCF204D1</b> <b>UCF204-012D1</b>	86 3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	64 2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	15 19/ <sub>32</sub>	11 7/ <sub>16</sub>	25.5 1	12 15/ <sub>32</sub>	33.3 1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	31 1.2205	12.7 0.500	M10 3/ <sub>8</sub>	UC204D1 UC204-012D1
<b>25</b> <b>13/16</b> <b>7/8</b> <b>15/16</b> <b>1</b>	<b>UCF205D1</b> <b>UCF205-013D1</b> <b>UCF205-014D1</b> <b>UCF205-015D1</b> <b>UCF205-100D1</b>	95 3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	70 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	16 5/ <sub>8</sub>	13 1/2	27 11/ <sub>16</sub>	12 15/ <sub>32</sub>	35.8 11 <sup>3</sup> / <sub>32</sub>	34.1 1.3425	14.3 0.563	M10 3/ <sub>8</sub>	UC205D1 UC205-013D1 UC205-014D1 UC205-015D1 UC205-100D1
<b>30</b> <b>11/16</b> <b>11/8</b> <b>13/16</b> <b>11/4</b>	<b>UCF206D1</b> <b>UCF206-101D1</b> <b>UCF206-102D1</b> <b>UCF206-103D1</b> <b>UCF206-104D1</b>	108 41/ <sub>4</sub>	83 31 <sup>7</sup> / <sub>64</sub>	18 4 <sup>5</sup> / <sub>64</sub>	13 1/2	31 17/ <sub>32</sub>	12 15/ <sub>32</sub>	40.2 1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	38.1 1.5000	15.9 0.626	M10 3/ <sub>8</sub>	UC206D1 UC206-101D1 UC206-102D1 UC206-103D1 UC206-104D1
<b>35</b> <b>11/4</b> <b>15/16</b> <b>13/8</b> <b>17/16</b>	<b>UCF207D1</b> <b>UCF207-104D1</b> <b>UCF207-105D1</b> <b>UCF207-106D1</b> <b>UCF207-107D1</b>	117 41 <sup>9</sup> / <sub>32</sub>	92 3 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	19 3/ <sub>4</sub>	15 19/ <sub>32</sub>	34 111/ <sub>32</sub>	14 3 <sup>5</sup> / <sub>64</sub>	44.4 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	42.9 1.6890	17.5 0.689	M12 7/ <sub>16</sub>	UC207D1 UC207-104D1 UC207-105D1 UC207-106D1 UC207-107D1
<b>40</b> <b>11/2</b> <b>19/16</b>	<b>UCF208D1</b> <b>UCF208-108D1</b> <b>UCF208-109D1</b>	130 51/ <sub>8</sub>	102 41/ <sub>64</sub>	21 5 <sup>3</sup> / <sub>64</sub>	15 19/ <sub>32</sub>	36 11 <sup>3</sup> / <sub>32</sub>	16 5/ <sub>8</sub>	51.2 21/ <sub>64</sub>	49.2 1.9370	19 0.748	M14 1/2	UC208D1 UC208-108D1 UC208-109D1
<b>45</b> <b>15/8</b> <b>111/16</b> <b>13/4</b>	<b>UCF209D1</b> <b>UCF209-110D1</b> <b>UCF209-111D1</b> <b>UCF209-112D1</b>	137 51 <sup>3</sup> / <sub>32</sub>	105 4 <sup>9</sup> / <sub>64</sub>	22 5 <sup>5</sup> / <sub>64</sub>	16 5/ <sub>8</sub>	38 11/2	16 5/ <sub>8</sub>	52.2 21/ <sub>16</sub>	49.2 1.9370	19 0.748	M14 1/2	UC209D1 UC209-110D1 UC209-111D1 UC209-112D1

**Nota** <sup>(1)</sup> Estas designaciones de soporte indican el tipo relubricable. Si se necesita el tipo sin mantenimiento, seleccione los tipos sin el sufijo "D1".



**Tipo de cubierta anti polvo de acero estampado**

Extremo abierto **Z-UCF...D1**  
 Extremo cerrado **ZM-UCF...D1**



**Tipo de cubierta de fundición anti polvo**

Extremo abierto **C-UCF...D1**  
 Extremo cerrado **CM-UCF...D1**

Número alojamiento	Número soporte con tapa de acero prensado	Número soporte con tapa de fundición	Dimensiones nominales			Masa de la unidad		
			t	mm pulgadas		kg lb		
				A <sub>4</sub> max.	A <sub>5</sub>	UCP	Z(ZM)	C(CM)
F204D1	<b>Z(ZM)-UCF201D1</b>	<b>C(CM)-UCF201D1</b>	2	38	46	0.7	0.7	0.9
F204D1	<b>Z(ZM)-UCF201-008D1</b>	<b>C(CM)-UCF201-008D1</b>	5/64	1 1/2	1 13/16	1.5	1.5	2.0
F204D1	<b>Z(ZM)-UCF202D1</b>	<b>C(CM)-UCF202D1</b>	2	38	46	0.7	0.7	0.9
F204D1	<b>Z(ZM)-UCF202-009D1</b>	<b>C(CM)-UCF202-009D1</b>	5/64	1 1/2	1 13/16	1.5	1.5	2.0
F204D1	<b>Z(ZM)-UCF202-010D1</b>	<b>C(CM)-UCF202-010D1</b>						
F204D1	<b>Z(ZM)-UCF203D1</b>	<b>C(CM)-UCF203D1</b>	2	38	46	0.6	0.7	0.9
F204D1	<b>Z(ZM)-UCF203-011D1</b>	<b>C(CM)-UCF203-011D1</b>	5/64	1 1/2	1 13/16	1.3	1.5	2.0
F204D1	<b>Z(ZM)-UCF204D1</b>	<b>C(CM)-UCF204D1</b>	2	38	46	0.6	0.7	0.9
F204D1	<b>Z(ZM)-UCF204-012D1</b>	<b>C(CM)-UCF204-012D1</b>	5/64	1 1/2	1 13/16	1.3	1.5	2.0
F205D1	<b>Z(ZM)-UCF205D1</b>	<b>C(CM)-UCF205D1</b>	2	40	51	0.8	0.8	1.0
F205D1	<b>Z(ZM)-UCF205-013D1</b>	<b>C(CM)-UCF205-013D1</b>						
F205D1	<b>Z(ZM)-UCF205-014D1</b>	<b>C(CM)-UCF205-014D1</b>	5/64	1 19/32	2	1.8	1.8	2.2
F205D1	<b>Z(ZM)-UCF205-015D1</b>	<b>C(CM)-UCF205-015D1</b>						
F205D1	<b>Z(ZM)-UCF205-100D1</b>	<b>C(CM)-UCF205-100D1</b>						
F206D1	<b>Z(ZM)-UCF206D1</b>	<b>C(CM)-UCF206D1</b>	2	45	56	1.0	1.1	1.5
F206D1	<b>Z(ZM)-UCF206-101D1</b>	<b>C(CM)-UCF206-101D1</b>						
F206D1	<b>Z(ZM)-UCF206-102D1</b>	<b>C(CM)-UCF206-102D1</b>	5/64	1 3/4	2 7/32	2.2	2.4	3.3
F206D1	<b>Z(ZM)-UCF206-103D1</b>	<b>C(CM)-UCF206-103D1</b>						
F206D1	—	—						
F207D1	<b>Z(ZM)-UCF207D1</b>	<b>C(CM)-UCF207D1</b>	3	49	59	1.4	1.5	2.0
F207D1	<b>Z(ZM)-UCF207-104D1</b>	<b>C(CM)-UCF207-104D1</b>						
F207D1	<b>Z(ZM)-UCF207-105D1</b>	<b>C(CM)-UCF207-105D1</b>	1/8	1 15/16	2 5/16	3.1	3.3	4.4
F207D1	<b>Z(ZM)-UCF207-106D1</b>	<b>C(CM)-UCF207-106D1</b>						
F207D1	—	—						
F208D1	<b>Z(ZM)-UCF208D1</b>	<b>C(CM)-UCF208D1</b>	3	56	66	1.8	1.9	2.6
F208D1	<b>Z(ZM)-UCF208-108D1</b>	<b>C(CM)-UCF208-108D1</b>	1/8	2 3/16	2 19/32	4.0	4.2	5.7
F208D1	<b>Z(ZM)-UCF208-109D1</b>	<b>C(CM)-UCF208-109D1</b>						
F209D1	<b>Z(ZM)-UCF209D1</b>	<b>C(CM)-UCF209D1</b>	3	57	70	2.2	2.3	2.8
F209D1	<b>Z(ZM)-UCF209-110D1</b>	<b>C(CM)-UCF209-110D1</b>						
F209D1	<b>Z(ZM)-UCF209-111D1</b>	<b>C(CM)-UCF209-111D1</b>	1/8	2 1/4	2 3/4	4.9	5.1	6.2
F209D1	<b>Z(ZM)-UCF209-112D1</b>	<b>C(CM)-UCF209-112D1</b>						

## Ejes macizos y ejes huecos

métricos y en pulgadas



### Precisión

#### Calidades

Los ejes INA se suministran en las calidades según tabla 2.

Tabla 2 · Calidades de los ejes

Referencias	Eje	Calidad
W	Eje macizo métrico	h6
WH	Eje hueco métrico	h7
WZ	Eje macizo en pulgadas	Cl. "L"

#### Tolerancias de longitud

Las tolerancias de longitud para ejes cortados figuran en tabla 3.

Tabla 3 · Tolerancias de longitud

Longitud del eje L mm		Tolerancia mm
Más de	Hasta	Máx.
–	400	±0,5
400	1000	±0,8
1000	2000	±1,2
2000	4000	±2
4000	6000	±3

#### Chaflanes en los extremos de los ejes

Una vez cortados, los ejes se suministran con chaflanes en ambos extremos (fig. 3, tabla 4). Los ejes también se pueden suministrar sin chaflanes.

Tabla 4 · Diseño de los chaflanes

Diámetro del eje $d_{LW}$ mm	Chaflán x mm
$d_{LW} \leq 10$	1 <sup>+1</sup>
$10 < d_{LW} \leq 30$	1,5 <sup>+1</sup>
$30 < d_{LW} \leq 80$	2,5 <sup>+1</sup>

#### Redondez, paralelismo, profundidad de la capa templada

Estos valores están en función del diámetro del eje  $d_{LW}$  y figuran en las *tablas de medidas*.

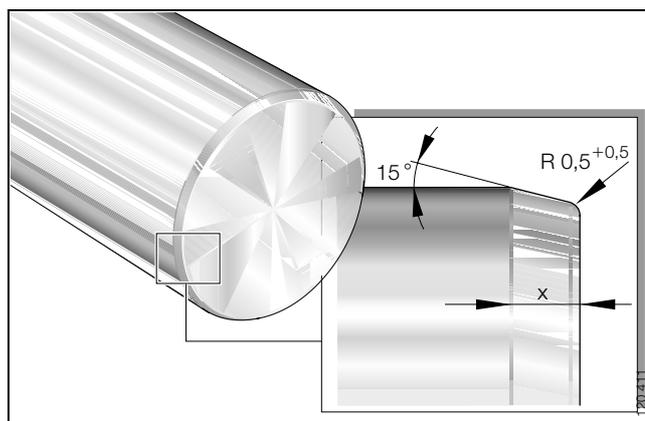


Figura 3 · Ejecución de los extremos de los ejes

**Spec.****Otras ejecuciones**

Sobre consulta se pueden suministrar las siguientes ejecuciones especiales:

- Ejes de la serie W de X 90 CrMoV 18 (material N° 1.4112)
- Ejes cromados
- Ejes protegidos contra la corrosión, con recubrimiento especial de INA Corrotect®
- Ejes sin templar
- Ejes con tratamiento térmico especial
  - p.ej. dureza, profundidad de la capa templada, zonas templadas, procedimientos de temple
- Extremos de ejes con (fig. 4)
  - ① Rosca axial
  - ② Rosca radial
  - ③ Rosca exterior y hexágono interior
  - ④ Extremo liso, con resalte
  - ⑤ Extremo roscado, con resalte
  - ⑥ Ranura perfilada
  - ⑦ Superficies fresadas y agujero de centraje
  - ⑧ Superficies fresadas y agujero radial.

**Ejemplo de pedido y designación para el pedido**

- Eje macizo W, métrico
- Diámetro de eje  $d_{LW}$  25 mm
- Tolerancia h6
- Índice para agujeros de fijación 05
  - Rosca axial M8 ( $K_6$  según *tabla de medidas*)
  - Rosca axial M8 ( $K_7$  según *tabla de medidas*)
  - Distancia 120× ( $C_4$  según *tabla de medidas*)
- Longitud 2 000 mm.

Designación para el pedido:

**W 25h6 05M8M8-120×2000** (Fig 5).

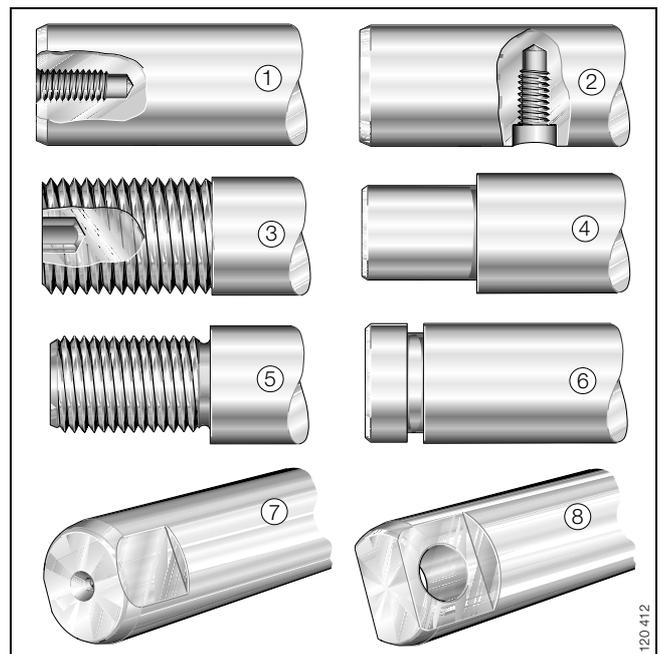


Figura 4 · Extremos de los ejes –  
Ejecuciones especiales según planos de los clientes

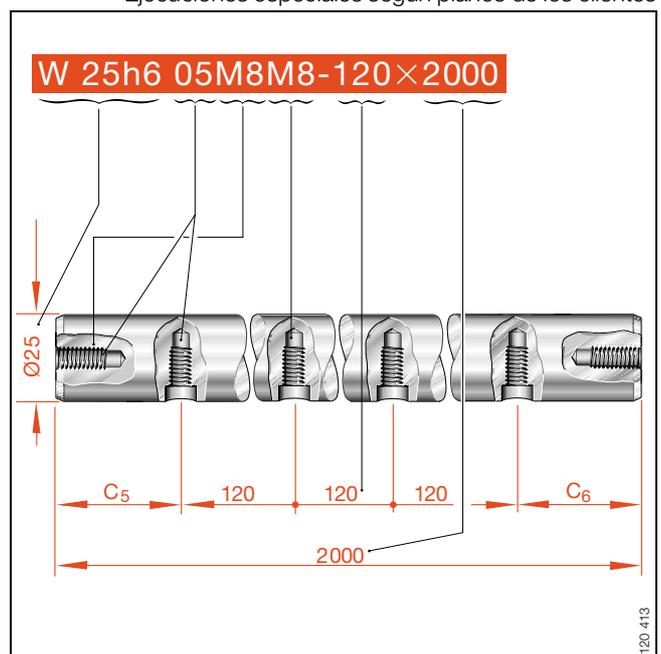
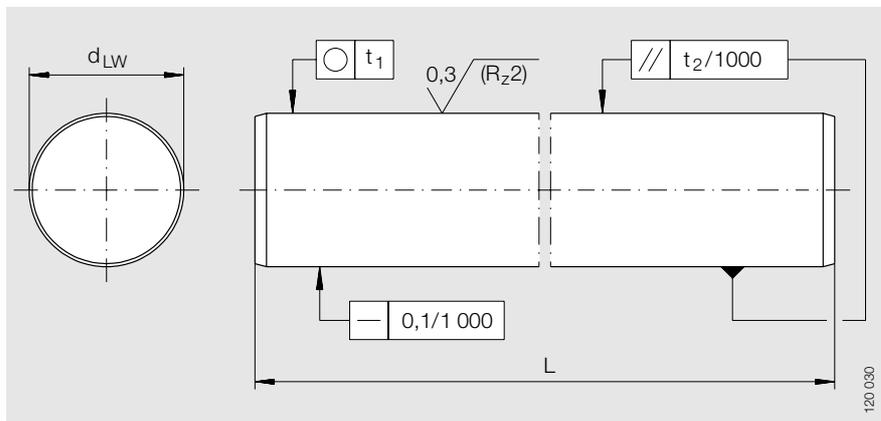


Figura 5 · Ejemplo de pedido, designación para el pedido

# Ejes macizos

métricos

Serie W



W

Tabla de medidas · Medidas en mm

Diámetro del eje $d_{LW}$	Referencia	Peso kg/m	Longitud $L_{m\acute{a}x}$	Materiales <sup>1)</sup>			Tolerancia h6 $\mu\text{m}$	Redondez $t_1$ $\mu\text{m}$	Paralelismo $t_2^{2)}$ $\mu\text{m}$	Profundidad de la capa templada $R_{ht}^{3)}$ mín. mm
				Acero bonificado	Acero resistente a la corrosión <sup>4)</sup>					
					X 46 Cr 13	X 90 CrMoV 18				
4	W 4	0,1	2 500	●	–	●	0– 8	4	5	0,4
5	W 5	0,15	3 600	●	–	–	0– 8	4	5	0,4
6	W 6	0,22	4 000	●	●	●	0– 8	4	5	0,4
8	W 8	0,39	4 000	●	●	●	0– 9	4	6	0,4
10	W 10	0,61	4 000	●	●	●	0– 9	4	6	0,4
12	W 12	0,89	6 000	●	●	●	0–11	5	8	0,6
14	W 14	1,21	6 000	●	●	●	0–11	5	8	0,6
15	W 15	1,37	6 000	●	●	●	0–11	5	8	0,6
16	W 16	1,57	6 000	●	●	●	0–11	5	8	0,6
17	W 17	1,78	6 000	●	–	–	0–11	5	8	0,6
18	W 18	1,98	6 000	●	●	●	0–11	5	8	0,6
20	W 20	2,45	6 000	●	●	●	0–13	6	9	0,9
24	W 24	3,55	6 000	●	●	●	0–13	6	9	0,9
25	W 25	3,83	6 000	●	●	●	0–13	6	9	0,9
30	W 30	5,51	6 000	●	●	●	0–13	6	9	0,9
32	W 32	6,3	6 000	●	●	●	0–16	7	11	1,5
35	W 35	7,56	6 000	●	–	–	0–16	7	11	1,5
40	W 40	9,8	6 000	●	●	●	0–16	7	11	1,5
50	W 50	15,3	6 000	●	●	●	0–16	7	11	1,5
60	W 60	22,1	6 000	●	●	●	0–19	8	13	2,2
80	W 80	39,2	6 000	●	●	●	0–19	8	13	2,2

1) Los ejes se fabrican de forma estándar en acero bonificado  
De acero resistente a la corrosión sólo sobre consulta y como ejecución especial.

2) Medición de diferencias de diámetro.

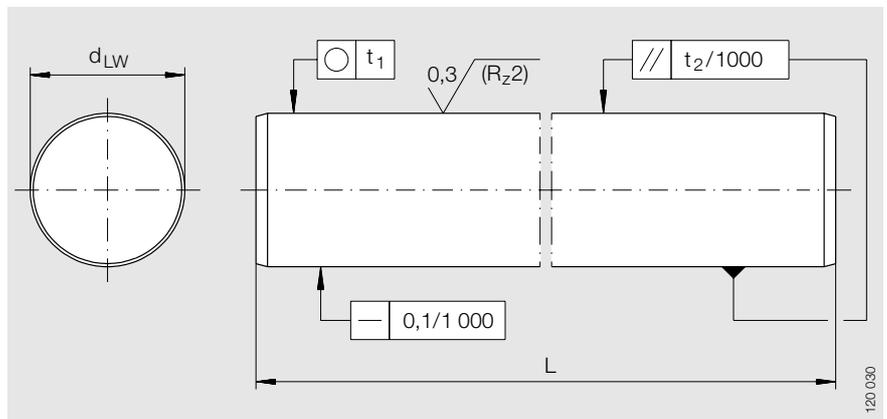
3) Según DIN 6 773, parte 3.

4) Reducción de la capacidad de carga para rodamientos lineales a bolas debido a la dureza menor de los ejes (véase *Dureza de la superficie de rodadura en aceros especiales*, página 5).

# Ejes macizos

en pulgadas

Serie WZ



WZ

**Tabla de medidas** · Medidas en mm

Diámetro del eje		Referencia	Peso	Longitud <sup>5)</sup>	Materiales <sup>1)</sup>		Tolerancia	Redondez	Paralelismo	Profundidad de la capa templada Rht <sup>3)</sup>
d <sub>LW</sub>	L <sub>máx</sub>				Acero bonificado	Acero resistente a la corrosión <sup>4)</sup> X 46 Cr 13				
pulgada	mm		kg/m				μm	μm	μm	
1/4	<b>6,35</b>	<b>WZ 04</b>	0,25	4 000	●	–	–13–25	4	5	
3/8	<b>9,525</b>	<b>WZ 06</b>	0,56	4 000	●	●	–13–25	4	6	
1/2	<b>12,7</b>	<b>WZ 08</b>	0,99	4 000	●	●	–13–25	5	8	
5/8	<b>15,875</b>	<b>WZ 10</b>	1,55	4 000	●	●	–13–25	5	8	
3/4	<b>19,05</b>	<b>WZ 12</b>	2,24	4 000	●	●	–13–25	6	9	
7/8	<b>22,22</b>	<b>WZ 14</b>	3,05	4 000	●	–	–13–25	6	9	
1	<b>25,4</b>	<b>WZ 16</b>	3,97	4 000	●	●	–13–25	6	9	
1 1/8	<b>28,575</b>	<b>WZ 18</b>	4,11	4 000	●	–	–13–25	7	11	
1 1/4	<b>31,75</b>	<b>WZ 20</b>	6,22	4 000	●	●	–13–25	7	11	
1 3/8	<b>34,95</b>	<b>WZ 22</b>	7,51	4 000	●	–	–15–28	7	11	
1 1/2	<b>38,1</b>	<b>WZ 24</b>	8,95	4 000	●	●	–15–28	7	11	
2	<b>50,8</b>	<b>WZ 32</b>	15,91	4 000	●	–	–15–33	7	11	
2 1/2	<b>63,525</b>	<b>WZ 40</b>	24,85	4 000	●	–	–18–38	8	13	
3	<b>76,225</b>	<b>WZ 48</b>	35,79	4 000	●	–	–20–43	8	13	

1) Los ejes se fabrican de forma estándar en acero bonificado.

De acero resistente a la corrosión sólo sobre consulta y como ejecución especial.

2) Medición de diferencias de diámetro.

3) Según DIN 6 773, parte 3.

4) Reducción de la capacidad de carga para rodamientos lineales a bolas debido a la dureza menor de los ejes (véase *Dureza de la superficie de rodadura en aceros especiales*, página 5).

5) Longitud mayor sobre consulta.

## Catálogo de Productos

### Retenida® Clase 1x7

- Galvanizado
- 1x7
- 1x19



1x7



1x19

Tabla de Resistencias a la tension y Pesos (pulgadas)

Diámetro (pulgadas)	Construcción	Peso Aproximado (lb/1,000 ft)	Resistencia a la Ruptura (lbs.)	
			Grado Alta Resistencia	Grado Extra Alta Resistencia
1/8	1x7	32	1,330	1,830
3/16	1x7	73	2,850	3,990
1/4	1x7	121	4,750	6,650
5/16	1x7	205	8,000	11,200
3/8	1x7	273	10,800	15,400
7/16	1x7	399	14,500	20,800
1/2	1x7	517	18,800	26,900
1/2	1x19	504	19,100	26,700
9/16	1x7	671	24,500	35,000
9/16	1x19	637	24,100	33,700
5/8	1x7	813	29,600	42,400
5/8	1x19	796	28,100	40,200
3/4	1x19	1,155	40,800	58,300
7/8	1x19	1,581	55,800	79,700
1	1x19	2,073	73,200	104,500
1	1x37	2,057	71,900	102,700
1 1/8	1x37	2,691	91,600	130,800
1 1/4	1x37	3,248	113,600	162,200

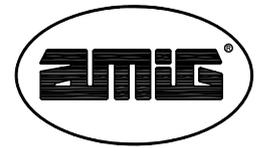
Normas de Referencia: ASTM - A475; NMX-B-395

Tabla de Resistencias a la tension y Pesos (milímetros)

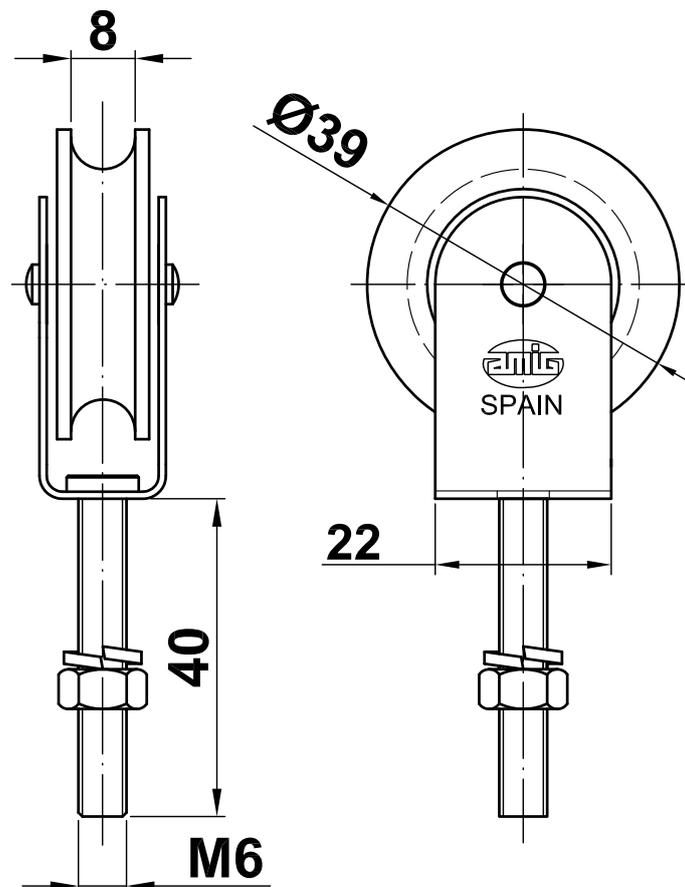
Diámetro (mm)	Construcción	Peso Aproximado (kg/m)	Resistencia a la Ruptura (kgf)	
			Grado Alta Resistencia	Grado Extra Alta Resistencia
3.2	1x7	0.048	603	830
4.8	1x7	0.109	1,293	1,810
6.4	1x7	0.180	2,155	3,016

8	1x7	0.305	3,629	5,080
9.5	1x7	0.406	4,899	6,985
11.1	1x7	0.594	6,570	9,430
13.0	1x7	0.769	8,528	12,202
13.0	1x19	0.750	8,664	12,111
14.3	1x7	0.999	11,113	15,876
14.3	1x19	0.948	10,932	15,286
15.9	1x7	1.210	13,427	19,233
15.9	1x19	1.185	12,746	18,235
19.1	1x19	1.719	18,507	26,445
22.2	1x19	2.353	25,311	36,152
25.4	1x19	3.085	33,204	47,401
25.4	1x37	3.061	32,614	46,585
28.6	1x37	4.005	41,550	59,331
31.8	1x37	4.834	51,529	73,574
Normas de Referencia: ASTM - A475; NMX-B-395				

---



# Polea Mod. 101 - 103



## Capacidad de carga

Los soportes de pie SNL están diseñados para cargas que actúen perpendicularmente hacia la placa base (soporte). Si se producen cargas que actúen en otros sentidos, deberá comprobarse que su magnitud es admisible para el soporte, los tornillos que unen la tapa superior con la base del soporte, y los tornillos de fijación.

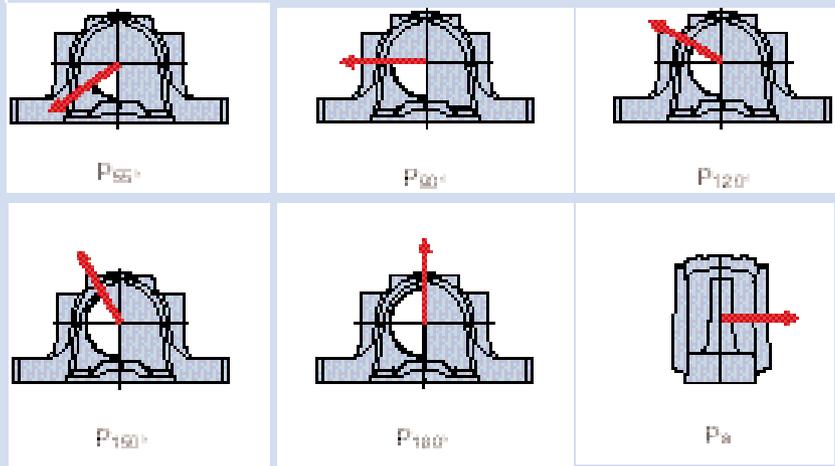
### Capacidad de carga del soporte

En la **tabla 11** se dan los valores orientativos de la carga de rotura  $P$  del soporte para diferentes sentidos de carga. Usando estos valores y un factor de seguridad seleccionado de acuerdo con las condiciones de funcionamiento, se puede calcular la carga admisible para el soporte. En aplicaciones de ingeniería general, se usa a menudo un factor de seguridad de 6.

Para obtener el máximo aprovechamiento de la capacidad de carga de los soportes, es importante que los tornillos que unen la tapa superior y la base estén correctamente apretados. Especialmente cuando el ángulo en el cual actúa la carga es mayor de  $90^\circ$ , es importante que los tornillos se aprieten uniformemente, de acuerdo con los valores dados en la **tabla 12**. La capacidad de carga axial del soporte es aprox. el 65 % de  $P_{180^\circ}$ . Para ángulos de carga entre  $55$  y  $120^\circ$ , así como para cargas axiales, si la carga que actúa paralela a la placa base (superficie de apoyo) excede del 5 % de  $P_{180^\circ}$ , se deberá sujetar en su plataforma de apoyo por medio de pasadores, o se deberá colocar un tope en el sentido de la carga.

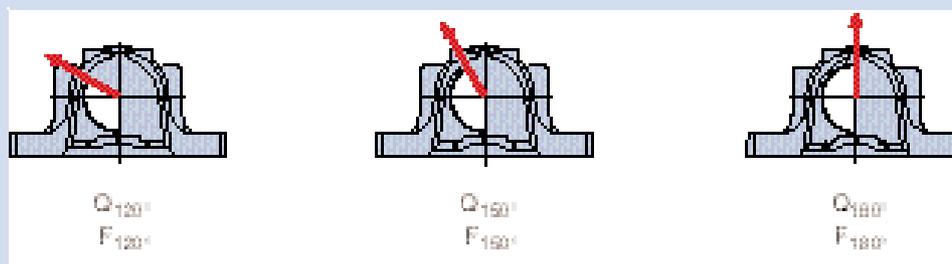
**Cargas de rotura para los soportes de pie SNL**

Tabla 11

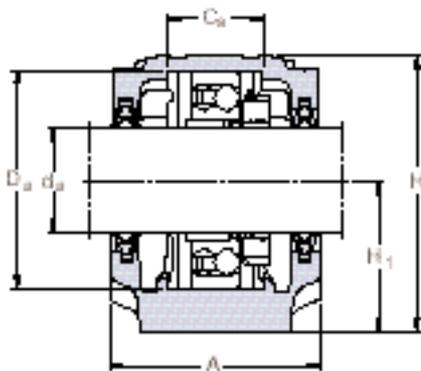


Soporte Tamaño	Cargas de rotura para el soporte SNL					
	$P_{55^\circ}$	$P_{90^\circ}$	$P_{120^\circ}$	$P_{150^\circ}$	$P_{180^\circ}$	$P_a$
–	kN					
<b>SNL 205</b>	155	95	70	60	80	52
<b>SNL 206-305</b>	170	100	80	65	85	55
<b>SNL 207</b>	190	115	85	80	95	60
<b>SNL 208-307</b>	215	130	95	85	110	70
<b>SNL 209</b>	230	140	100	90	115	75
<b>SNL 210</b>	265	155	120	110	130	85
<b>SNL 211</b>	275	170	125	115	140	90
<b>SNL 212</b>	300	180	130	120	150	100
<b>SNL 213</b>	340	205	150	130	170	110
<b>SNL 215</b>	410	250	185	160	205	135
<b>SNL 216</b>	430	260	190	175	215	140
<b>SNL 217</b>	480	290	205	190	240	155
<b>SNL 218</b>	550	340	250	215	275	180
<b>SNL 505</b>	155	95	70	60	80	52
<b>SNL 506-605</b>	170	100	80	65	85	55
<b>SNL 507-606</b>	190	115	85	80	95	60
<b>SNL 508-607</b>	215	130	95	85	110	70
<b>SNL 509</b>	230	140	100	90	115	75
<b>SNL 510-608</b>	265	155	120	110	130	85
<b>SNL 511-609</b>	275	170	125	115	140	90
<b>SNL 512-610</b>	300	180	130	120	150	100
<b>SNL 513-611</b>	340	205	150	130	170	110
<b>SNL 515-612</b>	410	250	185	160	205	135
<b>SNL 516-613</b>	430	260	190	175	215	140
<b>SNL 517</b>	480	290	205	190	240	155
<b>SNL 518-615</b>	550	340	250	215	275	180
<b>SNL 519-616</b>	580	350	260	230	290	190
<b>SNL 520-617</b>	620	370	280	250	310	200
<b>SNL 522-619</b>	680	410	310	275	340	220
<b>SNL 524-620</b>	790	470	350	320	400	260
<b>SNL 526</b>	900	540	410	360	450	295
<b>SNL 528</b>	1 050	630	470	430	530	345
<b>SNL 530</b>	1 200	730	540	480	600	390
<b>SNL 532</b>	1 450	860	640	570	720	470

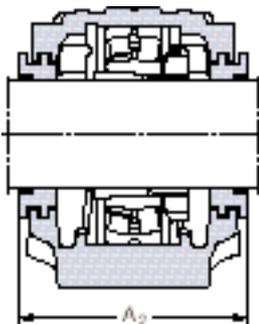
Tabla 12



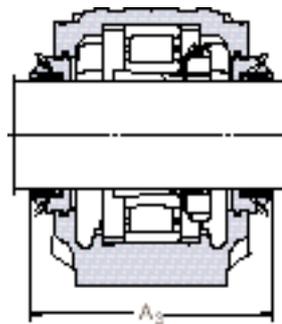
Soporte Tamaño	Tornillos Límite elástico para ambos tornillos			Carga máxima para ambos tornillos			Par de apriete	Designación según EN 24014	Tornillos de fijación	
	$Q_{120^\circ}$	$Q_{150^\circ}$	$Q_{180^\circ}$	$F_{120^\circ}$	$F_{150^\circ}$	$F_{180^\circ}$			Tamaño	Par de apriete
–	kN			kN			Nm	–	–	Nm
<b>SNL 205</b>	150	85	75	50	30	25	50	M 10×40	M 12	90
<b>SNL 206-305</b>	150	85	75	50	30	25	50	M 10×40	M 12	90
<b>SNL 207</b>	150	85	75	50	30	25	50	M 10×50	M 12	90
<b>SNL 208-307</b>	150	85	75	50	30	25	50	M 10×50	M 12	90
<b>SNL 209</b>	150	85	75	50	30	25	50	M 10×50	M 12	90
<b>SNL 210</b>	150	85	75	50	30	25	50	M 10×55	M 12	90
<b>SNL 211</b>	220	125	110	80	45	40	80	M 12×60	M 16	220
<b>SNL 212</b>	220	125	110	80	45	40	80	M 12×60	M 16	220
<b>SNL 213</b>	220	125	110	80	45	40	80	M 12×65	M 16	220
<b>SNL 215</b>	220	125	110	80	45	40	80	M 12×65	M 16	220
<b>SNL 216</b>	220	125	110	80	45	40	80	M 12×70	M 20	430
<b>SNL 217</b>	220	125	110	80	45	40	80	M 12×80	M 20	430
<b>SNL 218</b>	400	230	200	170	100	85	150	M 16×90	M 20	430
<b>SNL 505</b>	150	85	75	50	30	25	50	M 10×40	M 12	90
<b>SNL 506-605</b>	150	85	75	50	30	25	50	M 10×40	M 12	90
<b>SNL 507-606</b>	150	85	75	50	30	25	50	M 10×50	M 12	90
<b>SNL 508-607</b>	150	85	75	50	30	25	50	M 10×50	M 12	90
<b>SNL 509</b>	150	85	75	50	30	25	50	M 10×50	M 12	90
<b>SNL 510-608</b>	150	85	75	50	30	25	50	M 10×55	M 12	90
<b>SNL 511-609</b>	220	125	110	80	45	40	80	M 12×60	M 16	220
<b>SNL 512-610</b>	220	125	110	80	45	40	80	M 12×60	M 16	220
<b>SNL 513-611</b>	220	125	110	80	45	40	80	M 12×65	M 16	220
<b>SNL 515-612</b>	220	125	110	80	45	40	80	M 12×65	M 16	220
<b>SNL 516-613</b>	220	125	110	80	45	40	80	M 12×70	M 20	430
<b>SNL 517</b>	220	125	110	80	45	40	80	M 12×80	M 20	430
<b>SNL 518-615</b>	400	230	200	170	100	85	150	M 16×90	M 20	430
<b>SNL 519-616</b>	400	230	200	170	100	85	150	M 16×90	M 20	430
<b>SNL 520-617</b>	620	360	310	260	150	130	200	M 20×100	M 24	750
<b>SNL 522-619</b>	620	360	310	260	150	130	200	M 20×100	M 24	750
<b>SNL 524-620</b>	620	360	310	260	150	130	200	M 20×110	M 24	750
<b>SNL 526</b>	900	500	450	380	220	190	350	M 24×130	M 24	750
<b>SNL 528</b>	900	500	450	380	220	190	350	M 24×130	M 30	1 400
<b>SNL 530</b>	900	500	450	380	220	190	350	M 24×130	M 30	1 400
<b>SNL 532</b>	900	500	450	380	220	190	350	M 24×130	M 30	1 400



Obturaciones de doble labio  
Diseño G

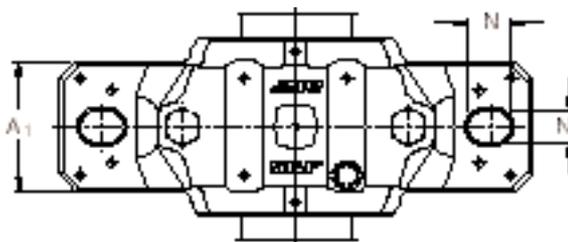
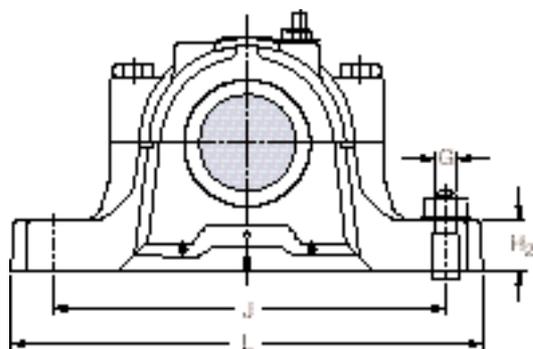


Obturaciones de laberinto  
Diseño S



Obturaciones Taconite  
Diseño ND

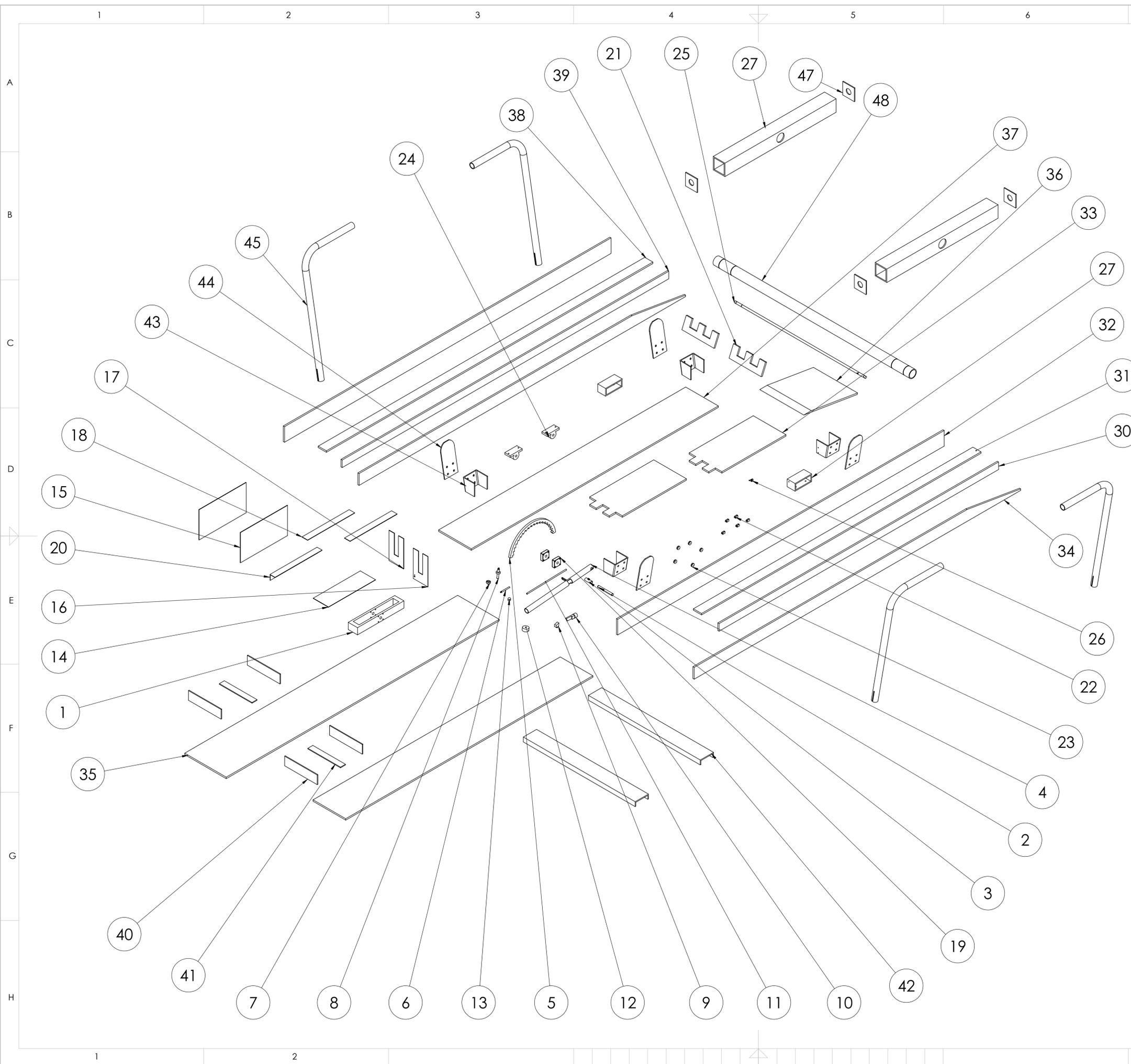
Eje $d_a$	Soporte Dimensiones										Masa	Designaciones Soporte completo con dos obturaciones	Componentes Solo soporte	Obturaciones	Tapa lateral
	A	A <sub>1</sub>	H	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	J	L	N	N <sub>1</sub>	G					
mm	mm										kg	–			
20	67	46	74	40	19	130	165	20	15	12	1,45	<b>SNL 505 TG</b> <b>SNL 505 TA</b> <b>SNL 505 TC</b> <b>SNL 505 TS</b> <b>SNL 505 TND</b>	SNL 505 SNL 505 SNL 505 SNL 505 SNL 505	TSN 505 G TSN 505 A TSN 505 C TSN 505 S TSN 505 ND	ASNH 505 ASNH 505 ASNH 505 ASNH 505 ASNH 505
	77	52	89	50	22	150	185	20	15	12	2,00	<b>SNL 605 TG</b> <b>SNL 605 TA</b> <b>SNL 605 TC</b> <b>SNL 605 TS</b> <b>SNL 605 TND</b>	SNL 506-605 SNL 506-605 SNL 506-605 SNL 506-605 SNL 506-605	TSN 605 G TSN 605 A TSN 605 C TSN 605 S TSN 605 ND	ASNH 506-605 ASNH 506-605 ASNH 506-605 ASNH 506-605 ASNH 506-605
25	77	52	89	50	22	150	185	20	15	12	2,00	<b>SNL 506 TG</b> <b>SNL 506 TA</b> <b>SNL 506 TC</b> <b>SNL 506 TS</b> <b>SNL 506 TND</b>	SNL 506-605 SNL 506-605 SNL 506-605 SNL 506-605 SNL 506-605	TSN 506 G TSN 506 A TSN 506 C TSN 506 S TSN 506 ND	ASNH 506-605 ASNH 506-605 ASNH 506-605 ASNH 506-605 ASNH 506-605
	82	52	93	50	22	150	185	20	15	12	2,20	<b>SNL 606 TG</b> <b>SNL 606 TA</b> <b>SNL 606 TC</b> <b>SNL 606 TS</b> <b>SNL 606 TND</b>	SNL 507-606 SNL 507-606 SNL 507-606 SNL 507-606 SNL 507-606	TSN 606 G TSN 606 A TSN 606 C TSN 606 S TSN 606 ND	ASNH 507-606 ASNH 507-606 ASNH 507-606 ASNH 507-606 ASNH 507-606
30	82	52	93	50	22	150	185	20	15	12	2,20	<b>SNL 507 TG</b> <b>SNL 507 TA</b> <b>SNL 507 TC</b> <b>SNL 507 TS</b> <b>SNL 507 TND</b>	SNL 507-606 SNL 507-606 SNL 507-606 SNL 507-606 SNL 507-606	TSN 507 G TSN 507 A TSN 507 C TSN 507 S TSN 507 ND	ASNH 507-606 ASNH 507-606 ASNH 507-606 ASNH 507-606 ASNH 507-606
	85	60	107	60	25	170	205	20	15	12	2,90	<b>SNL 607 TG</b> <b>SNL 607 TA</b> <b>SNL 607 TC</b> <b>SNL 607 TS</b> <b>SNL 607 TND</b>	SNL 508-607 SNL 508-607 SNL 508-607 SNL 508-607 SNL 508-607	TSN 607 G TSN 607 A TSN 607 C TSN 607 S TSN 607 ND	ASNH 508-607 ASNH 508-607 ASNH 508-607 ASNH 508-607 ASNH 508-607
35	85	60	108	60	25	170	205	20	15	12	2,90	<b>SNL 508 TG</b> <b>SNL 508 TA</b> <b>SNL 508 TC</b> <b>SNL 508 TS</b> <b>SNL 508 TND</b>	SNL 508-607 SNL 508-607 SNL 508-607 SNL 508-607 SNL 508-607	TSN 508 G TSN 508 A TSN 508 C TSN 508 S TSN 508 ND	ASNH 508-607 ASNH 508-607 ASNH 508-607 ASNH 508-607 ASNH 508-607
	90	60	113	60	25	170	205	20	15	12	3,20	<b>SNL 608 TG</b> <b>SNL 608 TA</b> <b>SNL 608 TC</b> <b>SNL 608 TS</b> <b>SNL 608 TND</b>	SNL 510-608 SNL 510-608 SNL 510-608 SNL 510-608 SNL 510-608	TSN 608 G TSN 608 A TSN 608 C TSN 608 S TSN 608 ND	ASNH 510-608 ASNH 510-608 ASNH 510-608 ASNH 510-608 ASNH 510-608



Eje $d_a$	Asiento del rodamiento		Anchura a través de la obturación		Rodamientos apropiados y piezas adyacentes					
	$C_a$	$D_a$	$A_2$	$A_3$	Rodamiento de bolas a rótula Rodamiento de rodillos a rótula	Manguito de fijación	Anillos de fijación 2 por soporte	Rodamiento de bolas a rótula Rodamiento de rodillos a rótula Rodamiento CARB	Manguito de fijación	Anillos de fijación 2 por soporte
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
20	25	52	80	125	1205 EK —	H 205 —	FRB 5/52 —	2205 EK 22205 CCK/W33 C 2205 K	H 305 H 305 H 305 E	FRB 3.5/52 FRB 3.5/52 FRB 3.5/52
	32	62	89	135	1305 EK —	H 305 —	FRB 7.5/62 —	2305 EK — —	H 2305 — —	FRB 4/62 — —
25	32	62	89	135	1206 EK —	H 206 —	FRB 8/62 —	2206 EK 22206 CCK/W33 C 2206 K	H 306 H 306 H 306 E	FRB 6/62 FRB 6/62 FRB 6/62
	34	72	94	140	1306 EK —	H 306 —	FRB 7.5/72 —	2306 K — —	H 2306 — —	FRB 3.5/72 — —
30	34	72	94	145	1207 EK —	H 207 —	FRB 8.5/72 —	2207 EK 22207 CCK/W33 C 2207 K	H 307 H 307 H 307 E	FRB 5.5/72 FRB 5.5/72 FRB 5.5/72
	39	80	97	145	1307 EK —	H 307 —	FRB 9/80 —	2307 EK — —	H 2307 — —	FRB 4/80 — —
35	39	80	97	150	1208 EK —	H 208 —	FRB 10.5/80 —	2208 EK 22208 EK C 2208 K	H 308 H 308 H 308 E	FRB 8/80 FRB 8/80 FRB 8/80
	41	90	102	150	1308 EK 21308 CCK	H 308 H 308	FRB 9/90 FRB 9/90	2308 EK 22308 CCK/W33 —	H 2308 H 2308 —	FRB 4/90 FRB 4/90 —

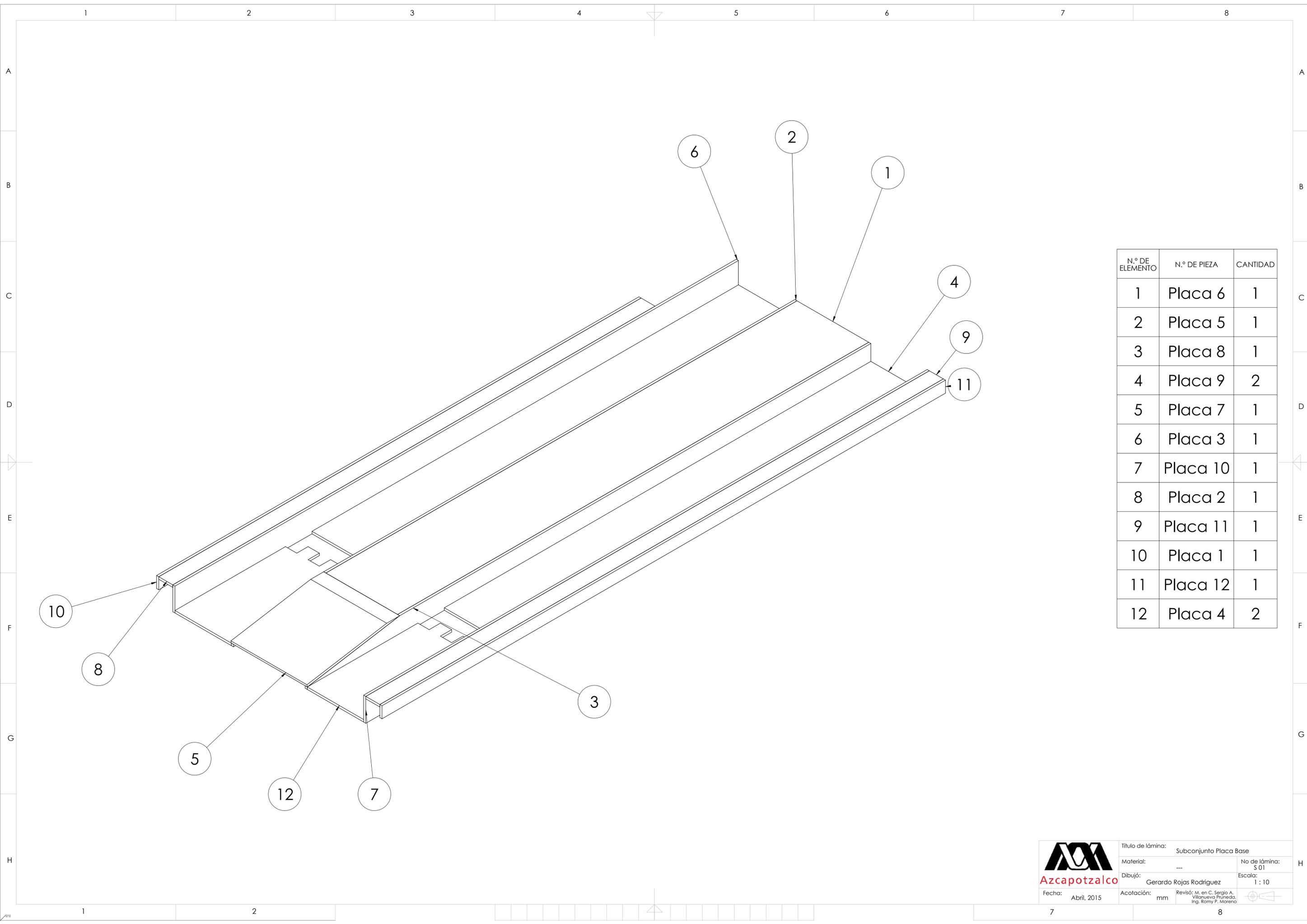
### *5.3 Dibujos de definición.*

*En el proyecto tecnológico, se diseñaron los elementos de los que estará conformado el contenedor del automóvil, así mismo como el mecanismo de sujeción. Es por eso que se muestran los dibujos de definición, los cuales son una representación gráfica que aporta la información necesaria para analizarlos, contribuir en su diseño y posibilitar su construcción. Los siguientes dibujos se dividen en dibujos de conjunto, subconjunto y de partes.*



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD	LOCALIZACIÓN
1	Base Trinquete	1	Lamina T 01
2	Eje Trinquete	1	Apendice T 02
3	Buje Trinquete	1	Lamina T 03
4	Palanca Trinquete	1	Lamina T 04
5	Rueda dentada Trinquete	1	Lamina T 05
6	Eje guía resorte	1	Subcapítulo 5.2
7	Porta resorte inferior	1	Lamina T 07
8	Porta resorte superior	1	Lamina T 08
9	Uñeta Trinquete	1	Lamina T 09
10	Uñeta de empuje	1	Lamina T 10
11	Varilla empuje	1	Lamina T 11
12	Tapa palanca	1	Lamina T 12
13	Tapon varilla	1	Lamina T 13
14	Placa base Trinquete	1	Lamina T 14
15	Placa frontal-trasera Trinquete	2	Lamina T 15
16	Placa lateral derecha Trinquete	1	Lamina T 16
17	Placa lateral izquierda Trinquete	1	Lamina T 17
18	Tapa superior Trinquete	2	Lamina T 18
19	Chumacera Eje Trinquete	2	Subcapítulo 5.2
20	Angulo	1	Lamina T 20
21	Compuerta	2	Lamina M 01
22	Base polea	5	Subcapítulo 5.2
23	Polea	5	Subcapítulo 5.2
24	Chumacera Mecanismo	2	Subcapítulo 5.2
25	Eje Chumaceras Mecanismo	1	Subcapítulo 5.2
26	Tomillo Ojo	1	
27	Soporte Chumacera	2	Lamina M 07
28	Cable de acero	1	Subcapítulo 5.2
30	Placa 1	1	Lamina G 01
31	Placa 2	1	Lamina G 02
32	Placa 3	2	Lamina G 03
33	Placa 4	2	Lamina G 04
34	Placa 5	2	Lamina G 05
35	Placa 6	1	Lamina G 06
36	Placa 7	1	Lamina G 07
37	Placa 8	2	Lamina G 08
38	Placa 9	1	Lamina G 09
39	Placa 10	1	Lamina G 10
40	Tope frontal-trasero	4	Lamina G 11
41	Tapa tope	2	Lamina G 12
42	Perfil canal	2	Lamina G 13
43	Placa con pliegue	4	Lamina G 14
44	Placa de unión	4	Lamina G 15
45	Tubo circular OC	4	Lamina G 16
46	Perfil OR	2	Lamina G 17
47	Placa Perfil OR	4	Lamina G 18
48	Tubo circular OC de carga	1	Lamina G 19


 Título de lámina: Explosionado Gondola-Trinquete  
 Material: \_\_\_\_\_ No de lámina: \_\_\_\_\_  
 Dibujó: Gerardo Rojas Rodríguez Escala: \_\_\_\_\_  
 Fecha: Abril, 2015 Acotación: mm Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Prunedo, Ing. Romy F. Moreno

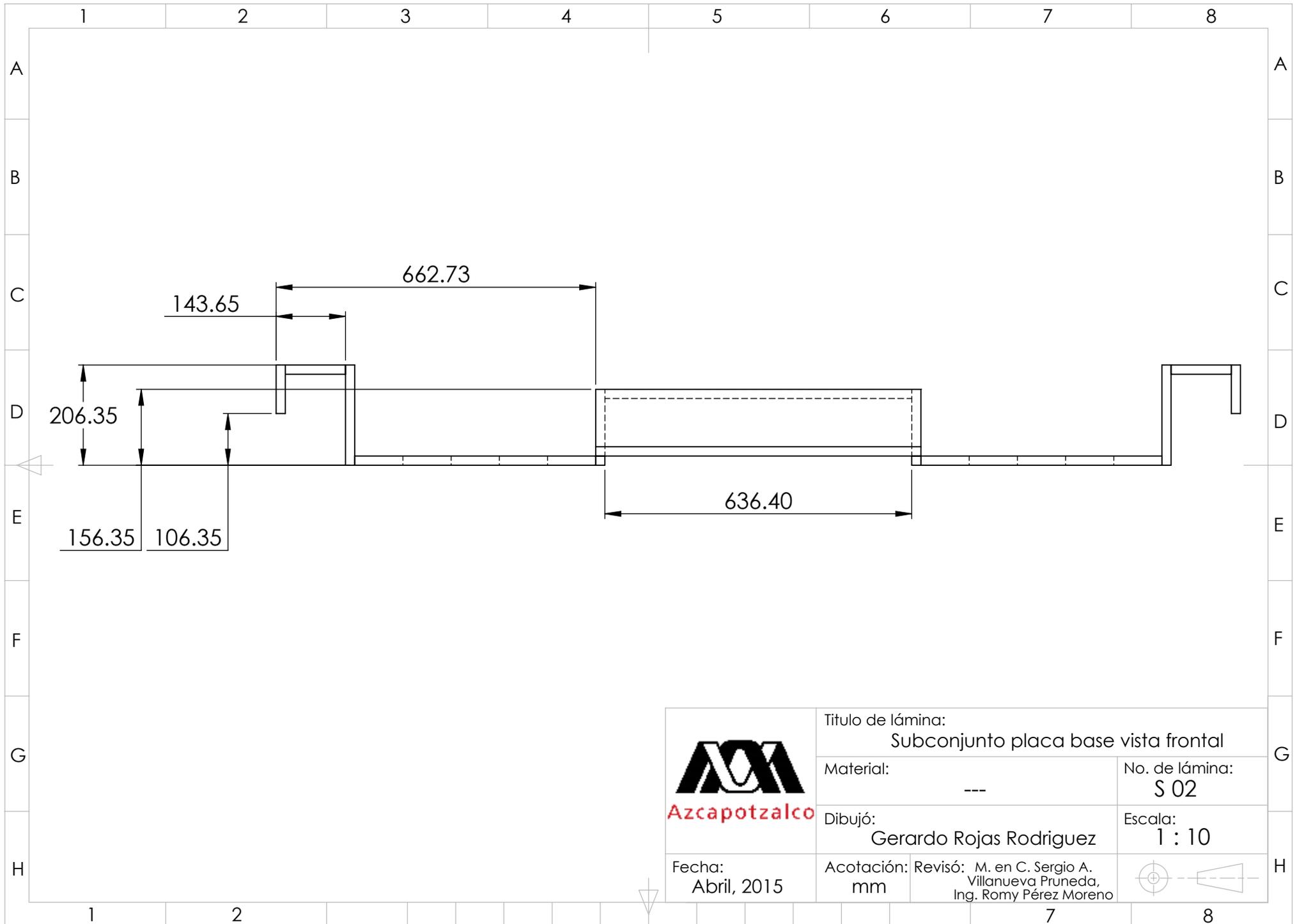


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Placa 6	1
2	Placa 5	1
3	Placa 8	1
4	Placa 9	2
5	Placa 7	1
6	Placa 3	1
7	Placa 10	1
8	Placa 2	1
9	Placa 11	1
10	Placa 1	1
11	Placa 12	1
12	Placa 4	2

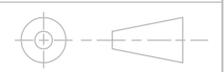


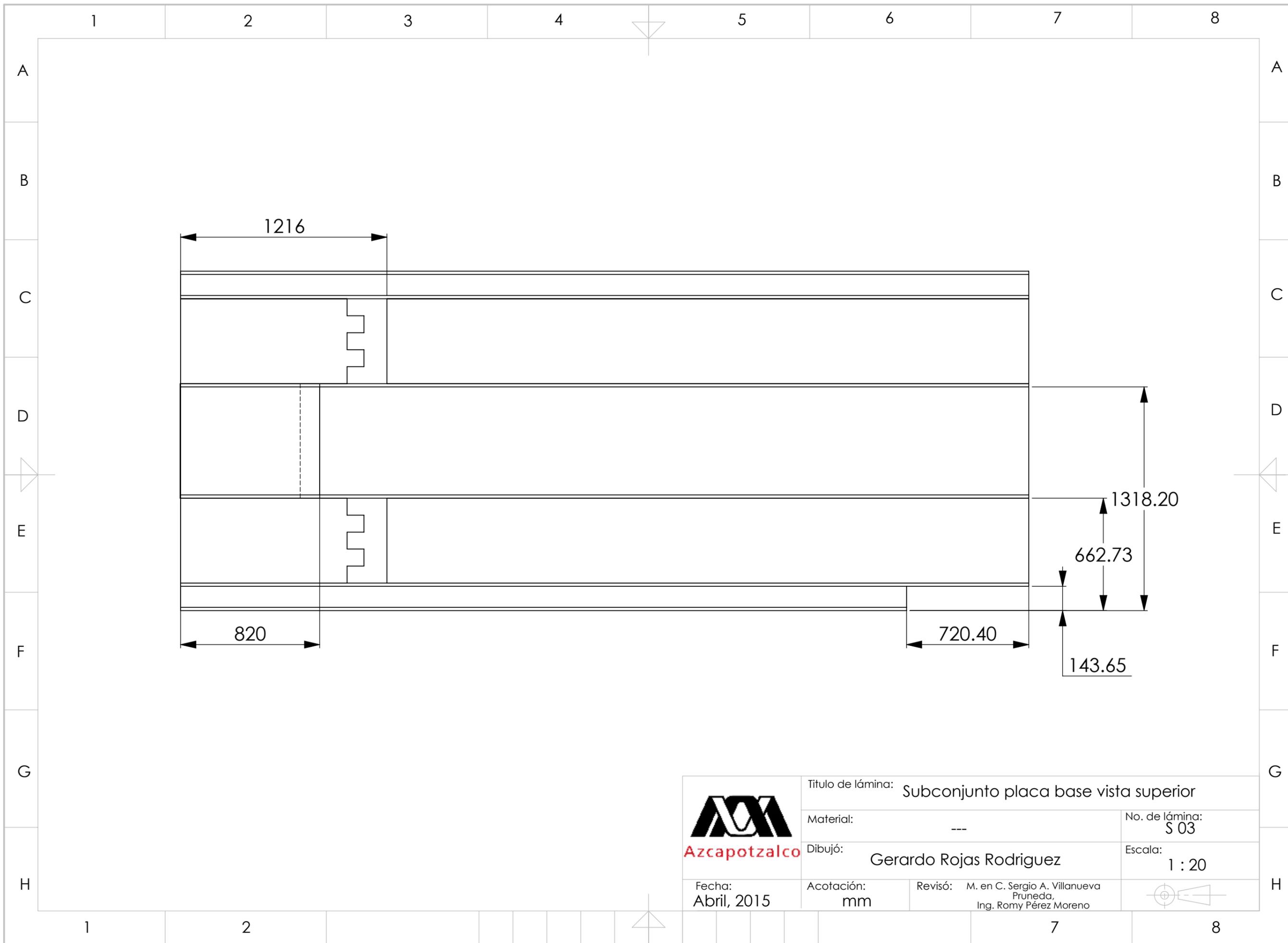
Título de lámina: Subconjunto Placa Base  
 Material: ---  
 Dibujó: Gerardo Rojas Rodríguez  
 Fecha: Abril, 2015  
 Acotación: mm  
 Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy F. Moreno

No de lámina: S 01  
 Escala: 1 : 10



 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: Subconjunto placa base vista frontal	
	Material: ---	No. de lámina: S 02
Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 10	
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno

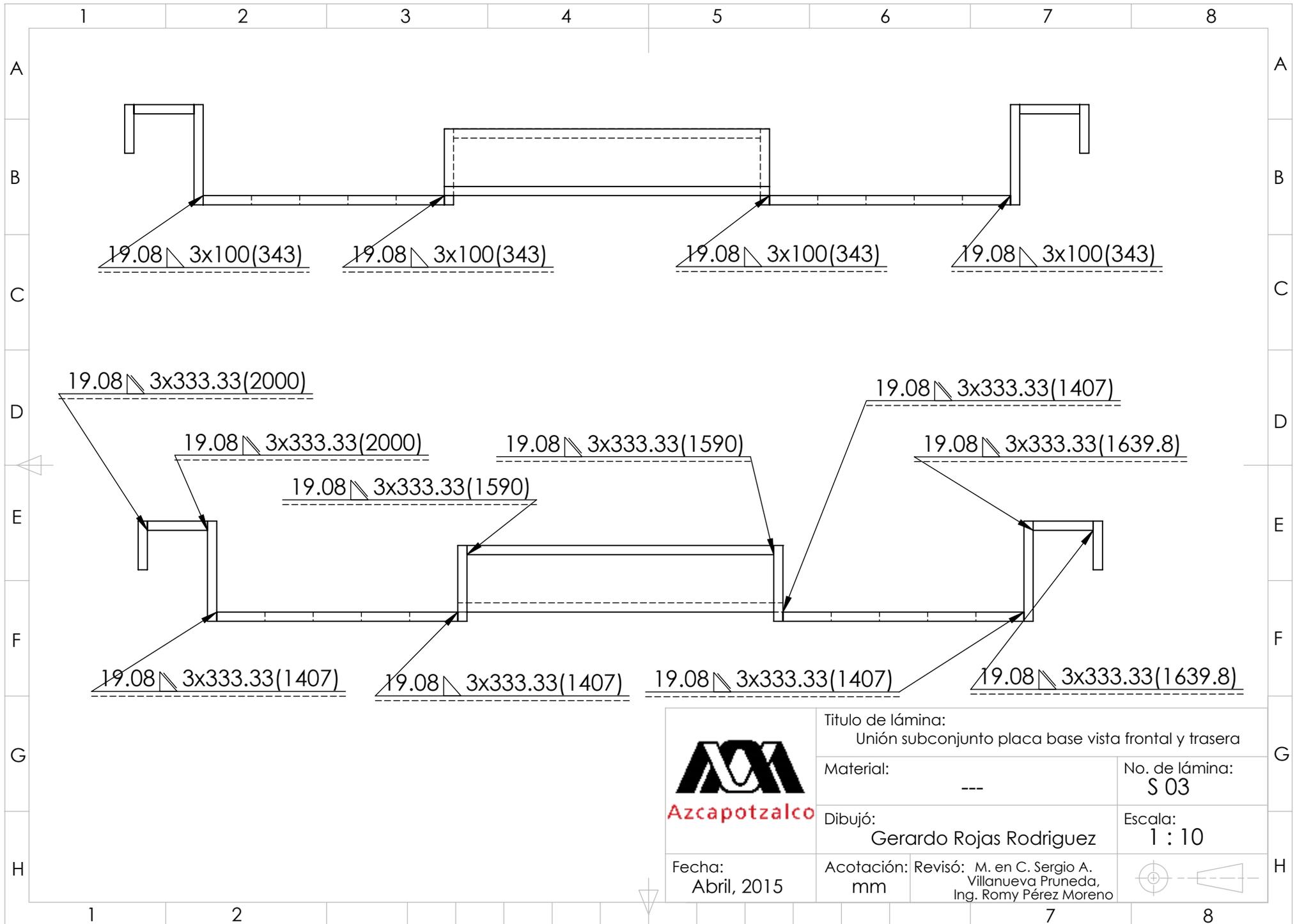




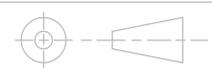
Fecha:  
Abril, 2015

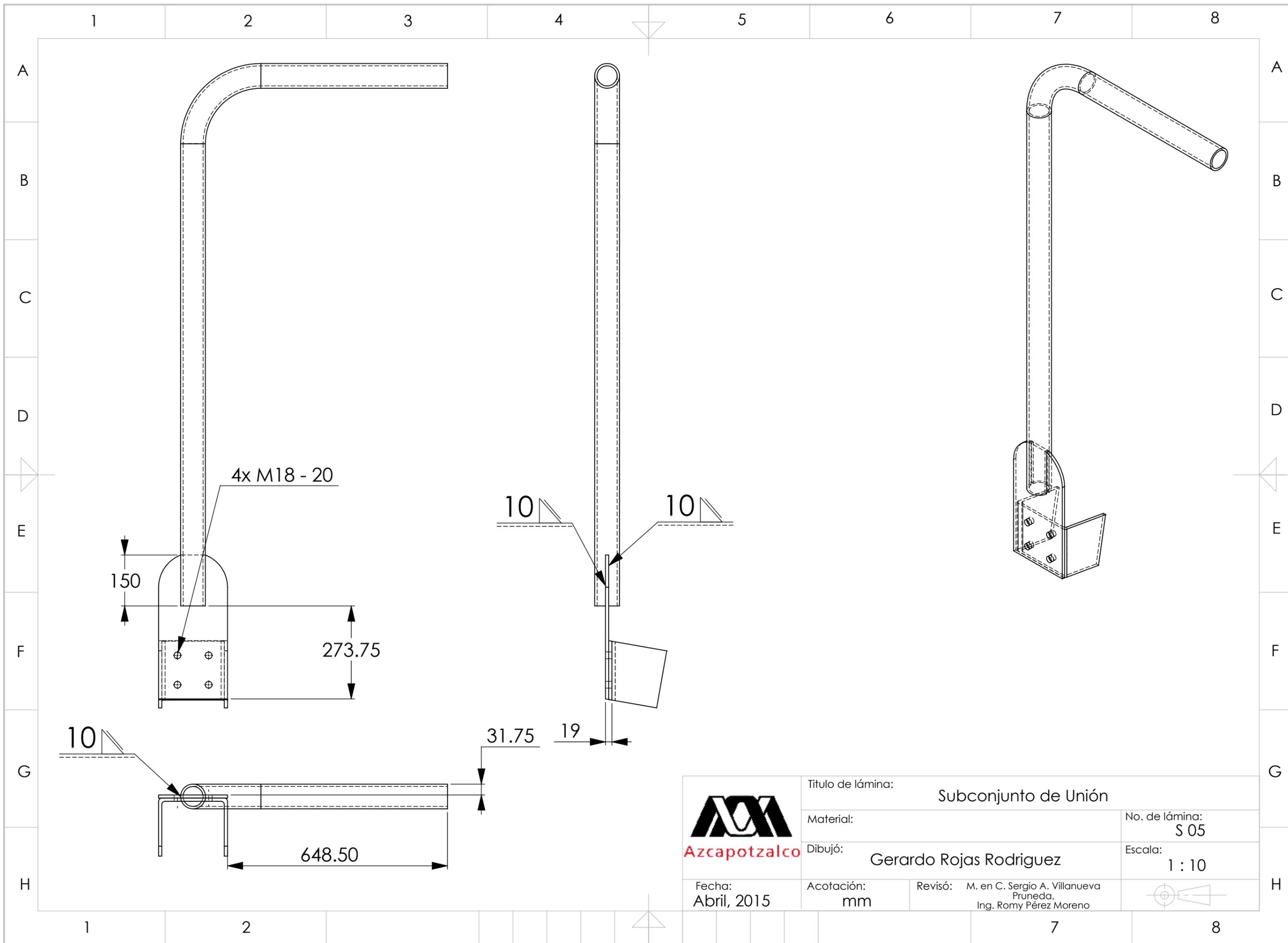
Título de lámina: Subconjunto placa base vista superior		No. de lámina: S 03
Material: ---	Escala: 1 : 20	
Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno	
Acotación: mm		





 <b>Azcapotzalco</b>	Título de lámina: Unión subconjunto placa base vista frontal y trasera	
	Material: ---	No. de lámina: S 03
Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 10	
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno





4x M18 - 20

150

273.75

10

648.50

10

10

31.75

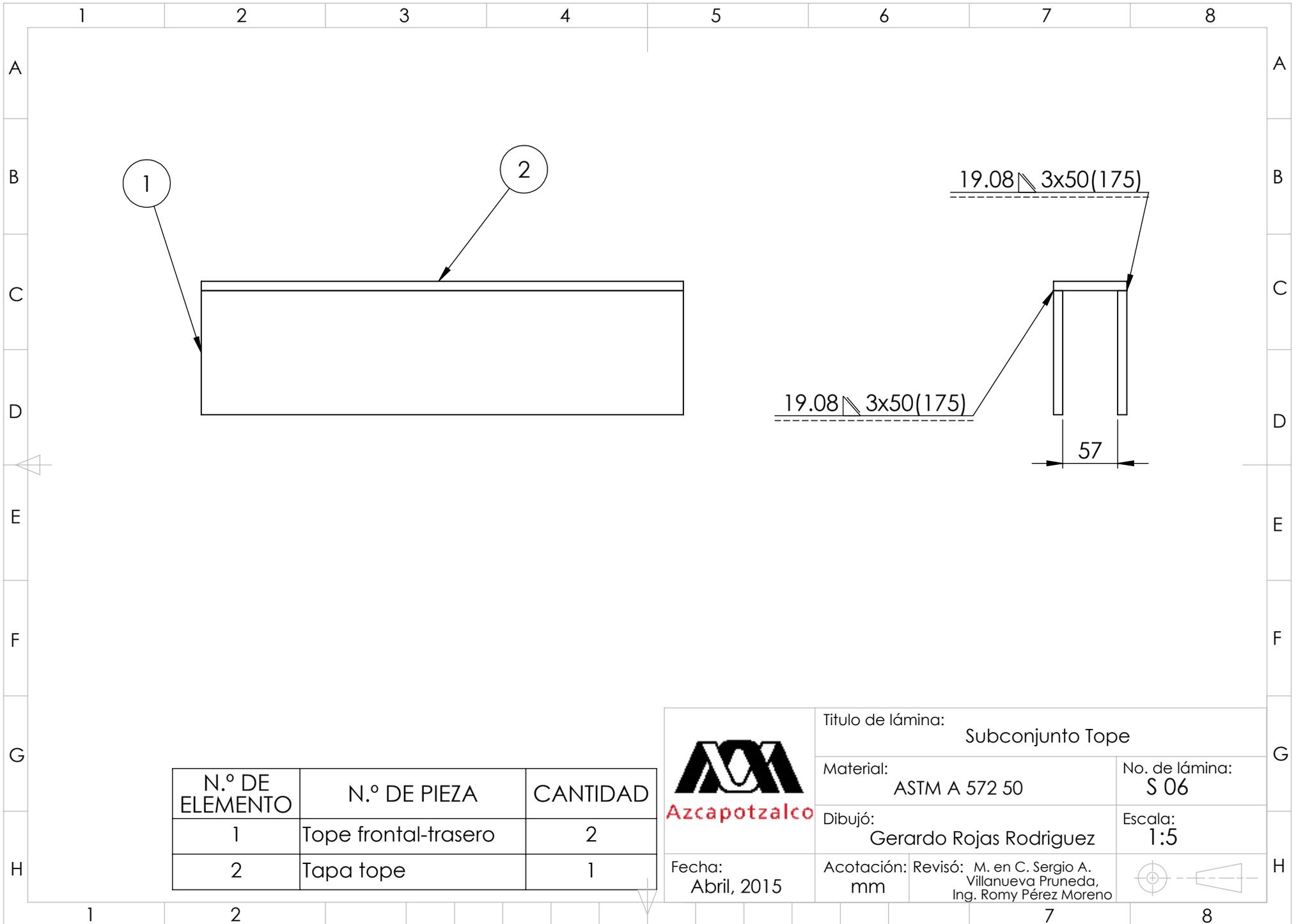
19



Azcapotzalco

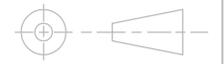
Titulo de lámina:		Subconjunto de Unión	
Material:		No. de lámina:	S 05
Dibujó:	Gerardo Rojas Rodriguez	Escala:	1 : 10
Fecha:	Abril, 2015	Acotación:	mm
		Revisó:	M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno

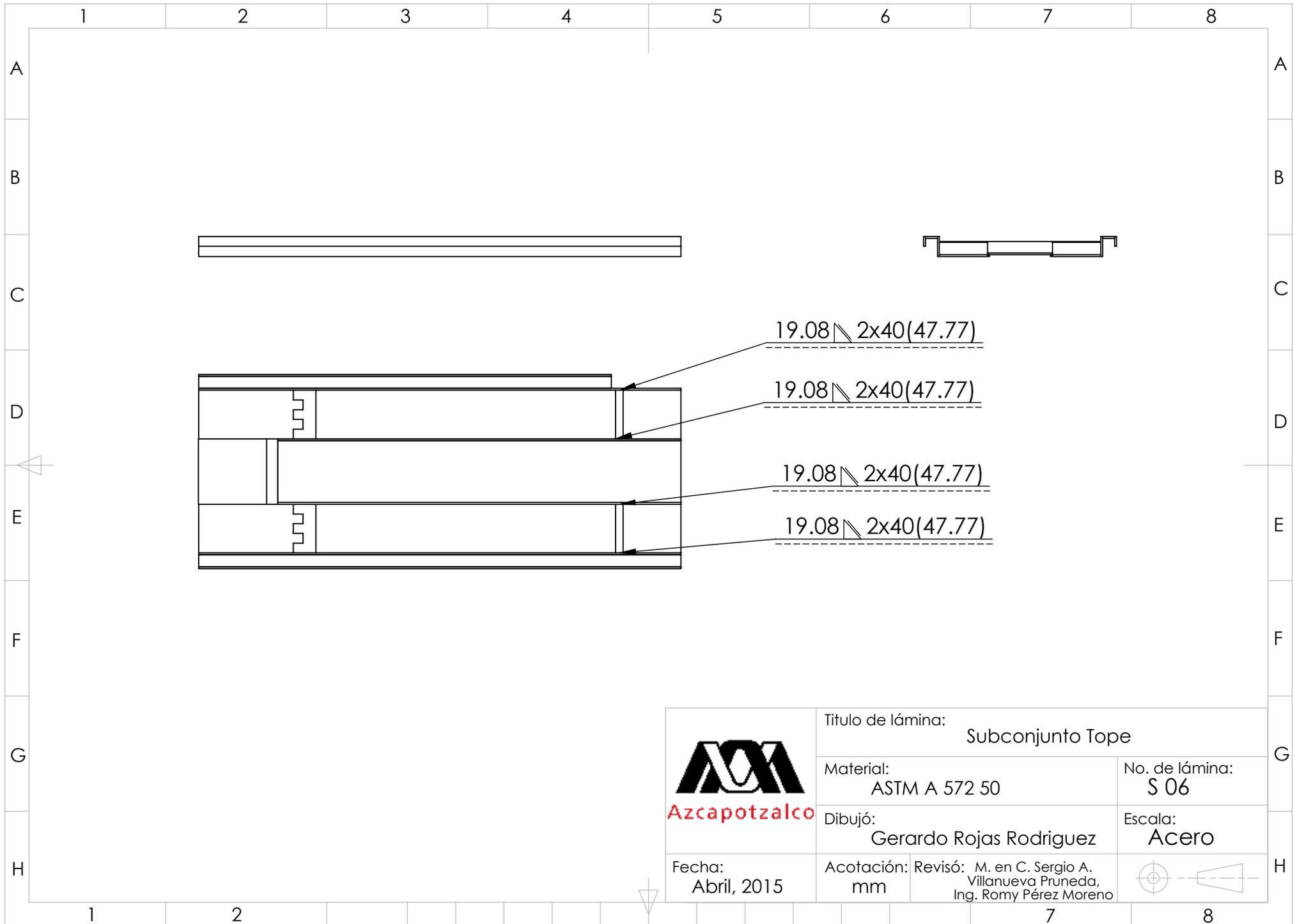




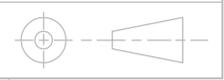
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Tope frontal-trasero	2
2	Tapa tope	1

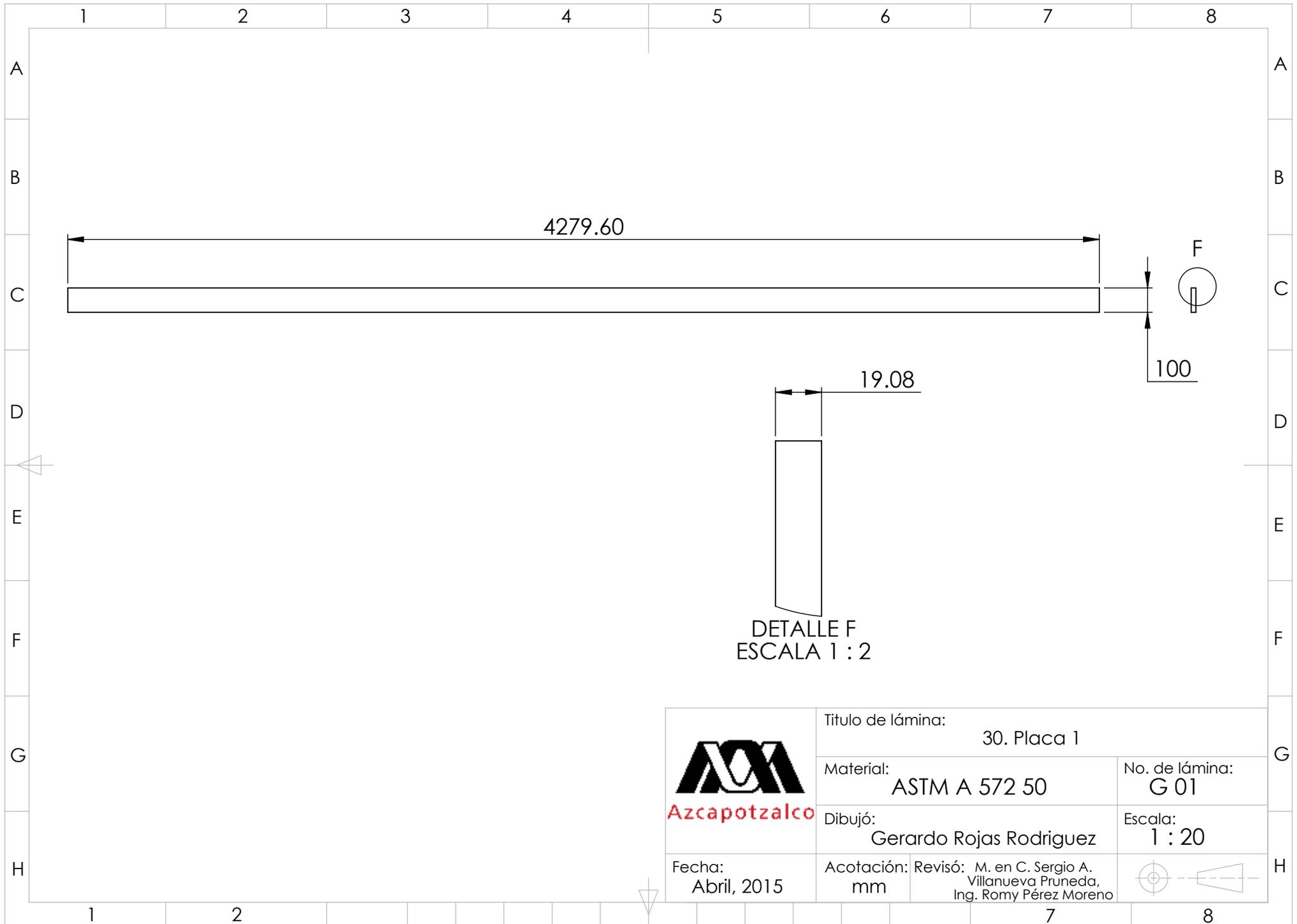
	Titulo de lámina: Subconjunto Tope	
	Material: ASTM A 572 50	No. de lámina: S 06
Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1:5	
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno





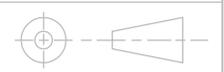
	Título de lámina: Subconjunto Tope	
	Material: ASTM A 572 50	No. de lámina: S 06
	Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	
	Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm

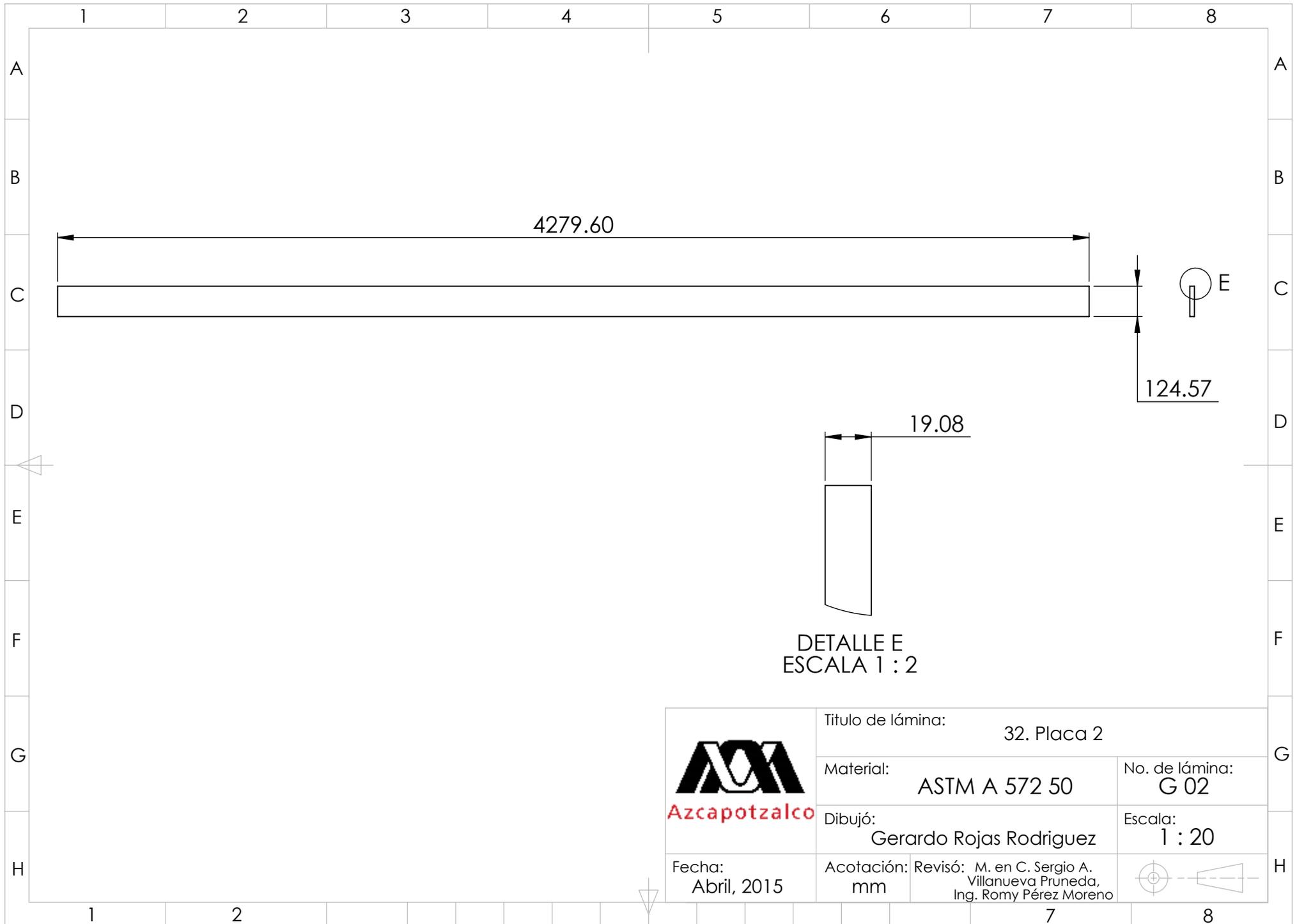




DETALLE F  
ESCALA 1 : 2

 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: 30. Placa 1	
	Material: ASTM A 572 50	No. de lámina: G 01
	Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 20
	Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm





4279.60

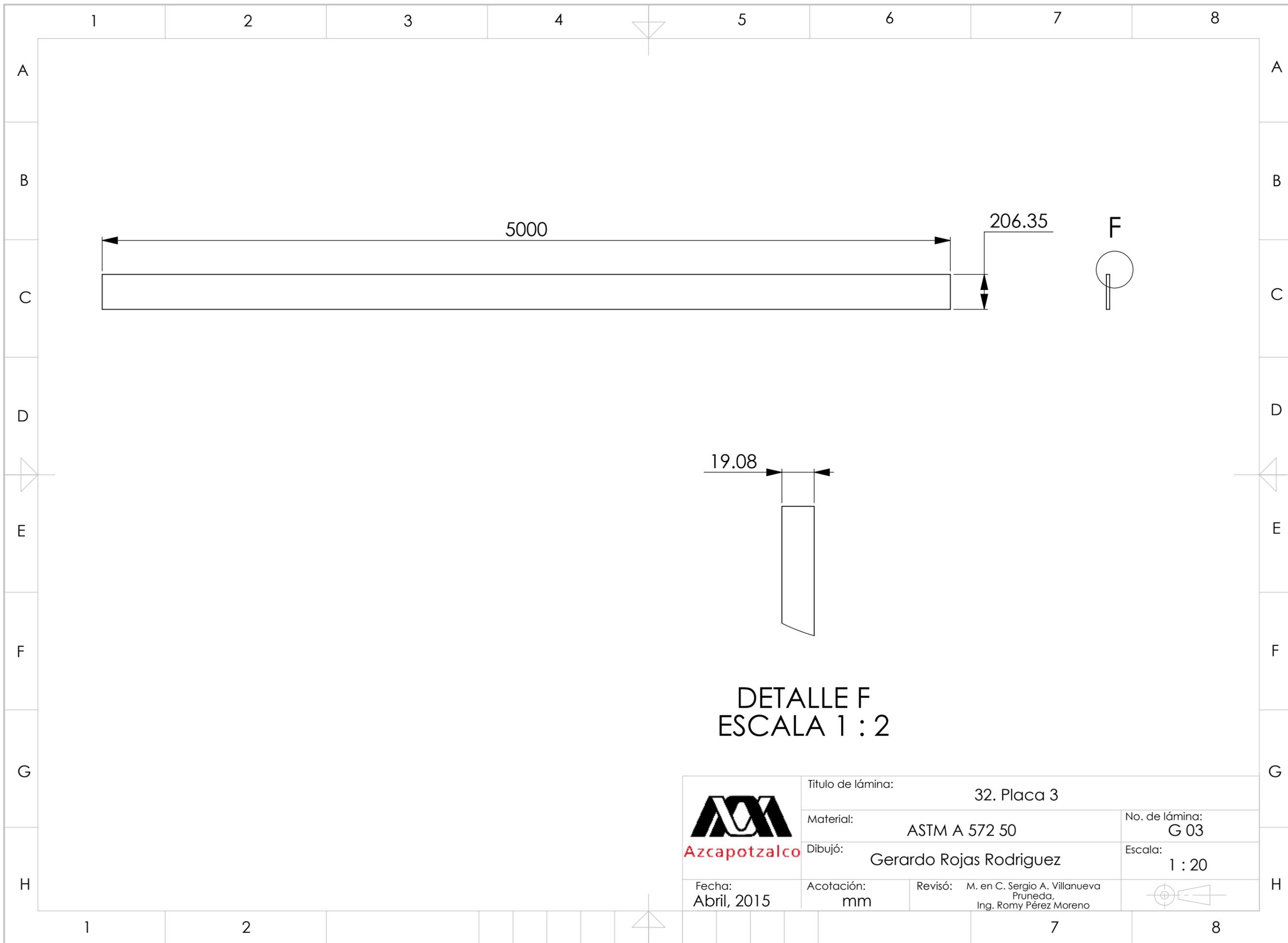
124.57

19.08

DETALLE E  
ESCALA 1 : 2

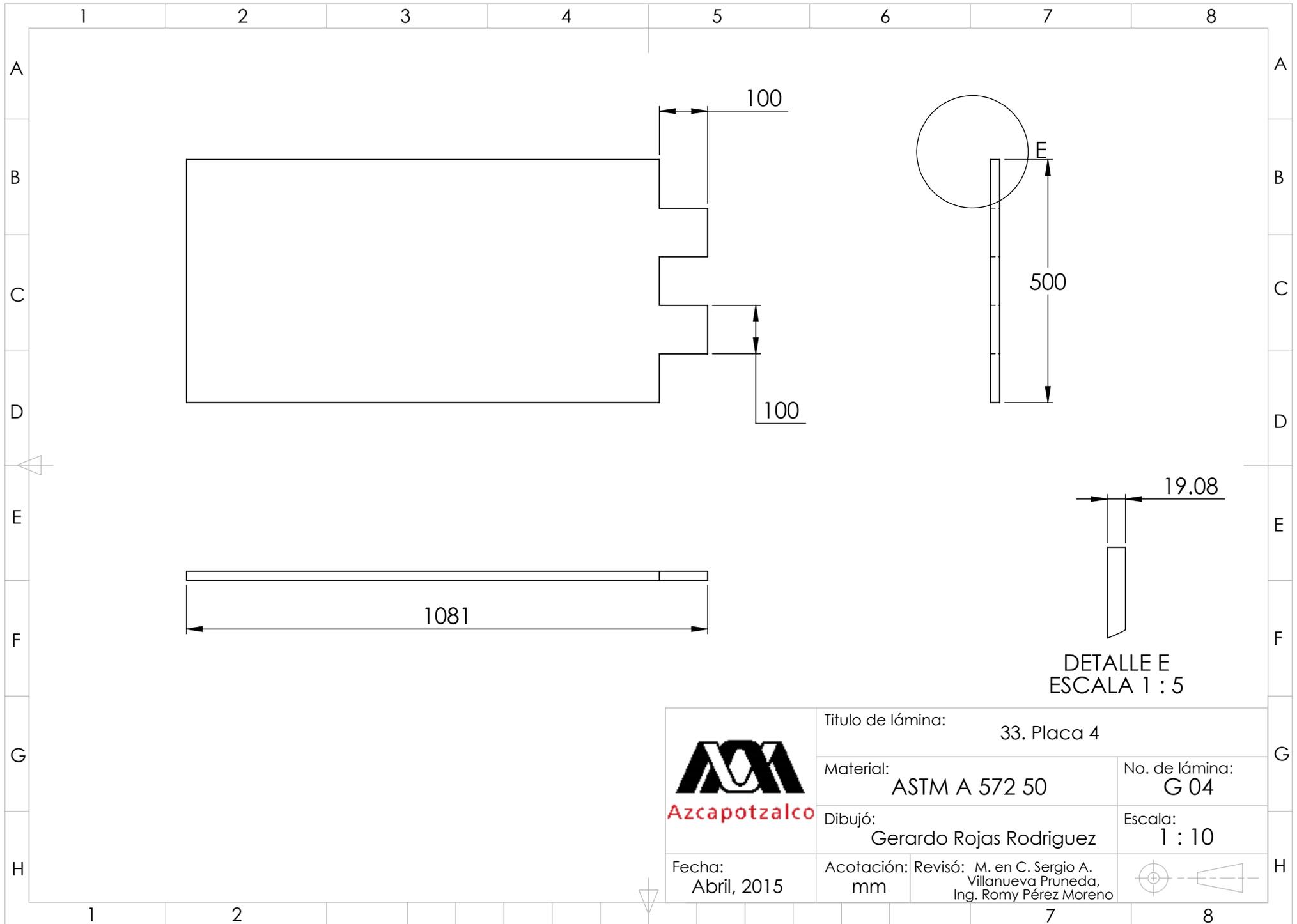
 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: 32. Placa 2	
	Material: ASTM A 572 50	No. de lámina: G 02
	Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 20
	Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm





DETALLE F  
 ESCALA 1 : 2

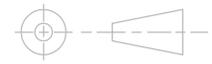
 <b>Azcapotzalco</b>	Título de lámina: 32. Placa 3		No. de lámina: <b>G 03</b>
	Material: ASTM A 572 50		
	Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez		Escala: <b>1 : 20</b>
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno	

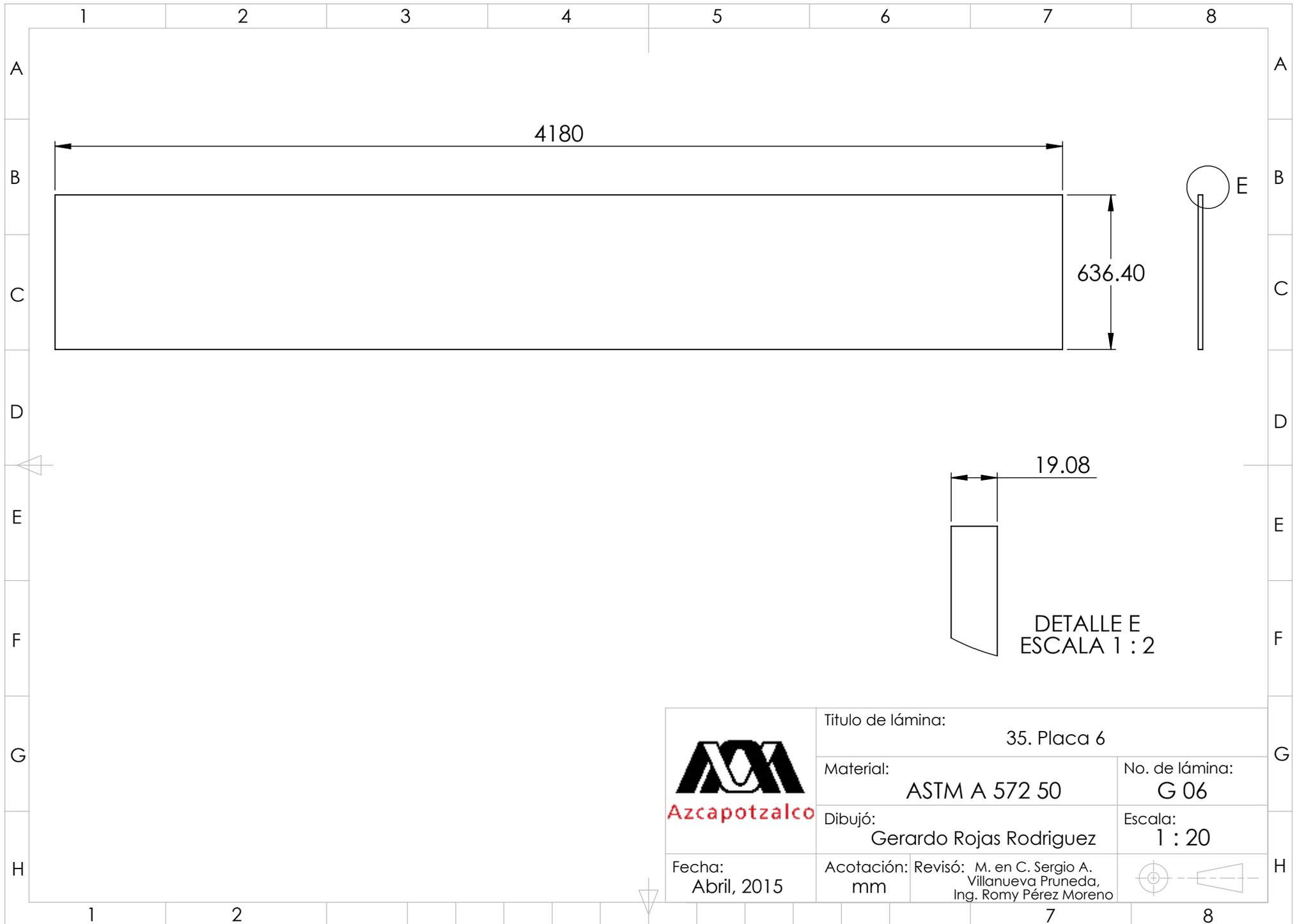


DETALLE E  
ESCALA 1 : 5

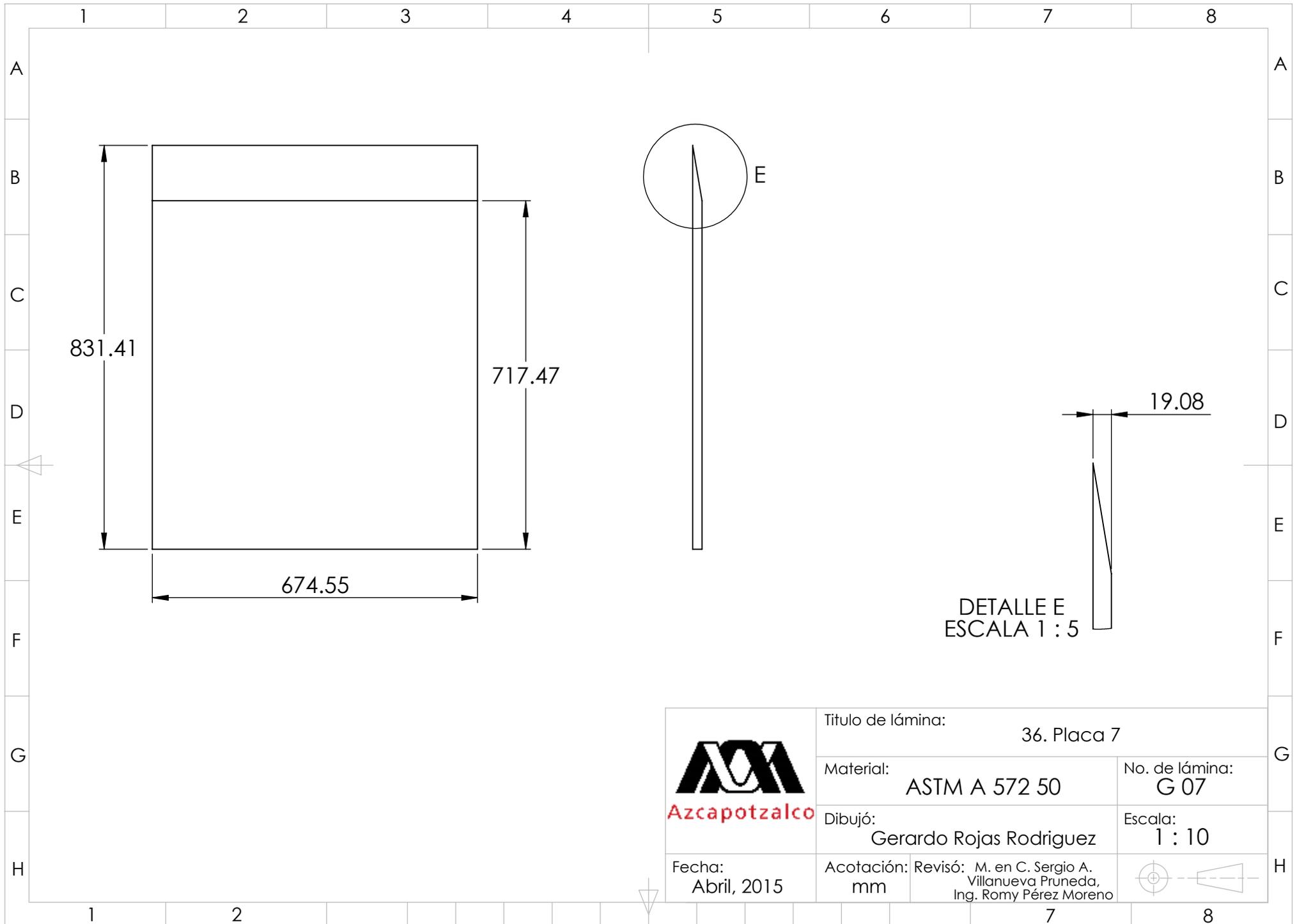
 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: 33. Placa 4	
	Material: ASTM A 572 50	No. de lámina: G 04
	Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 10
	Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm

Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno





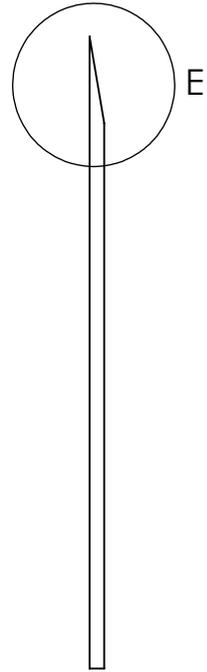
	Titulo de lámina: 35. Placa 6	
	Material: ASTM A 572 50	No. de lámina: G 06
	Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 20
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno



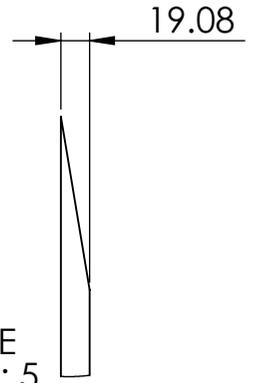
831.41

717.47

674.55



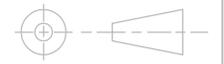
E



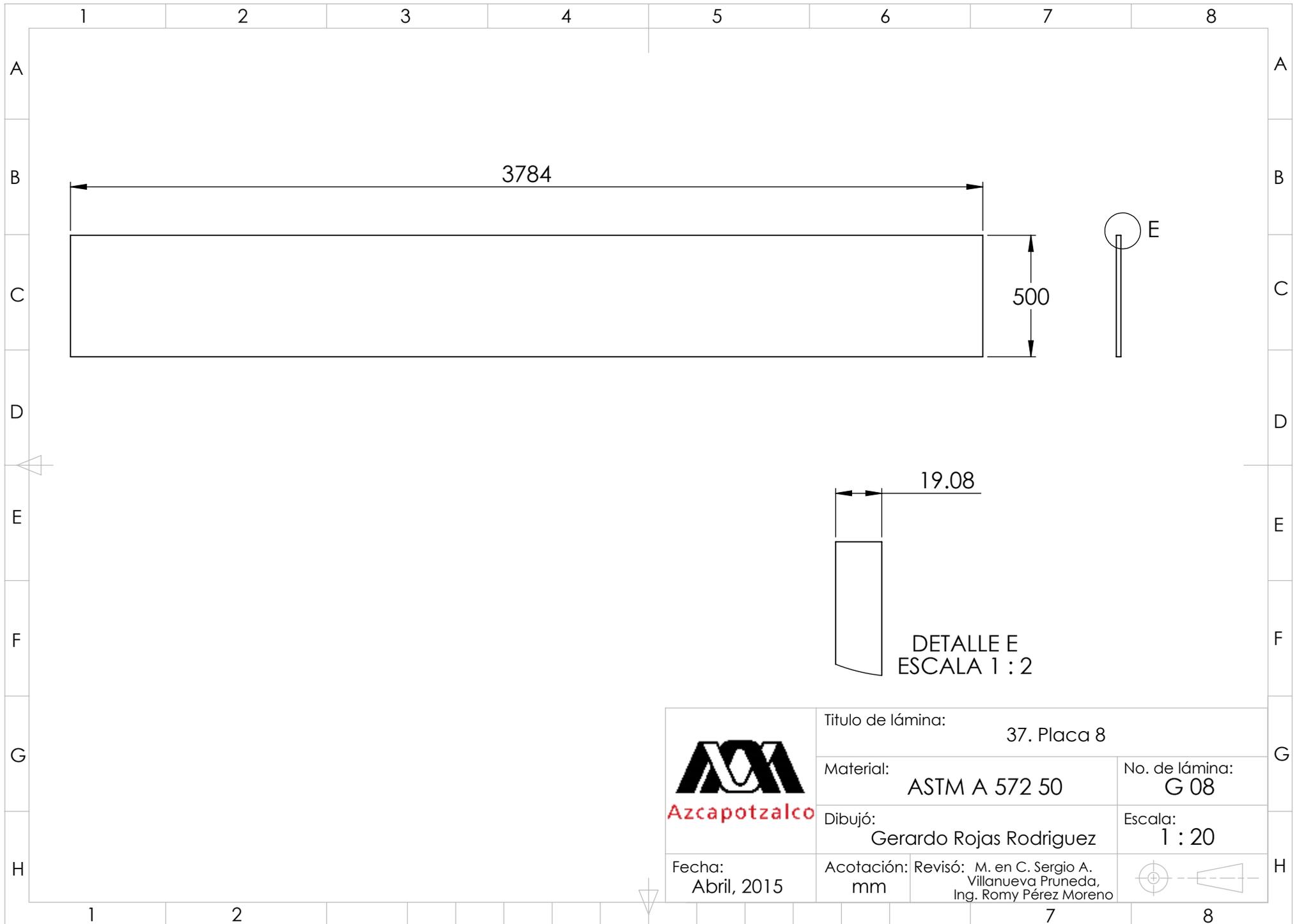
19.08

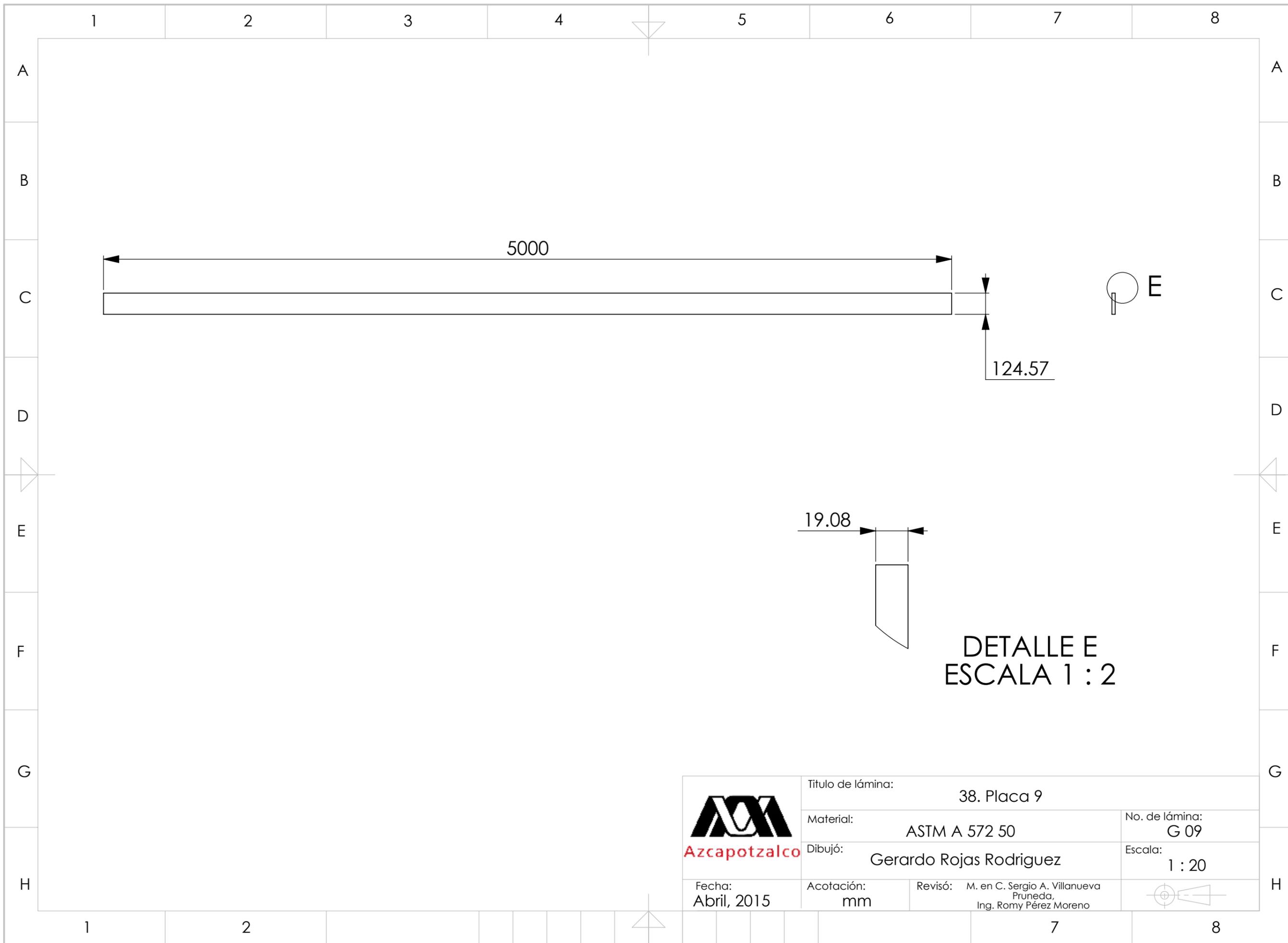
DETALLE E  
ESCALA 1 : 5

	Titulo de lámina: 36. Placa 7	
	Material: ASTM A 572 50	No. de lámina: G 07
	Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	
	Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm



H





5000

124.57

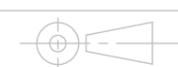
19.08

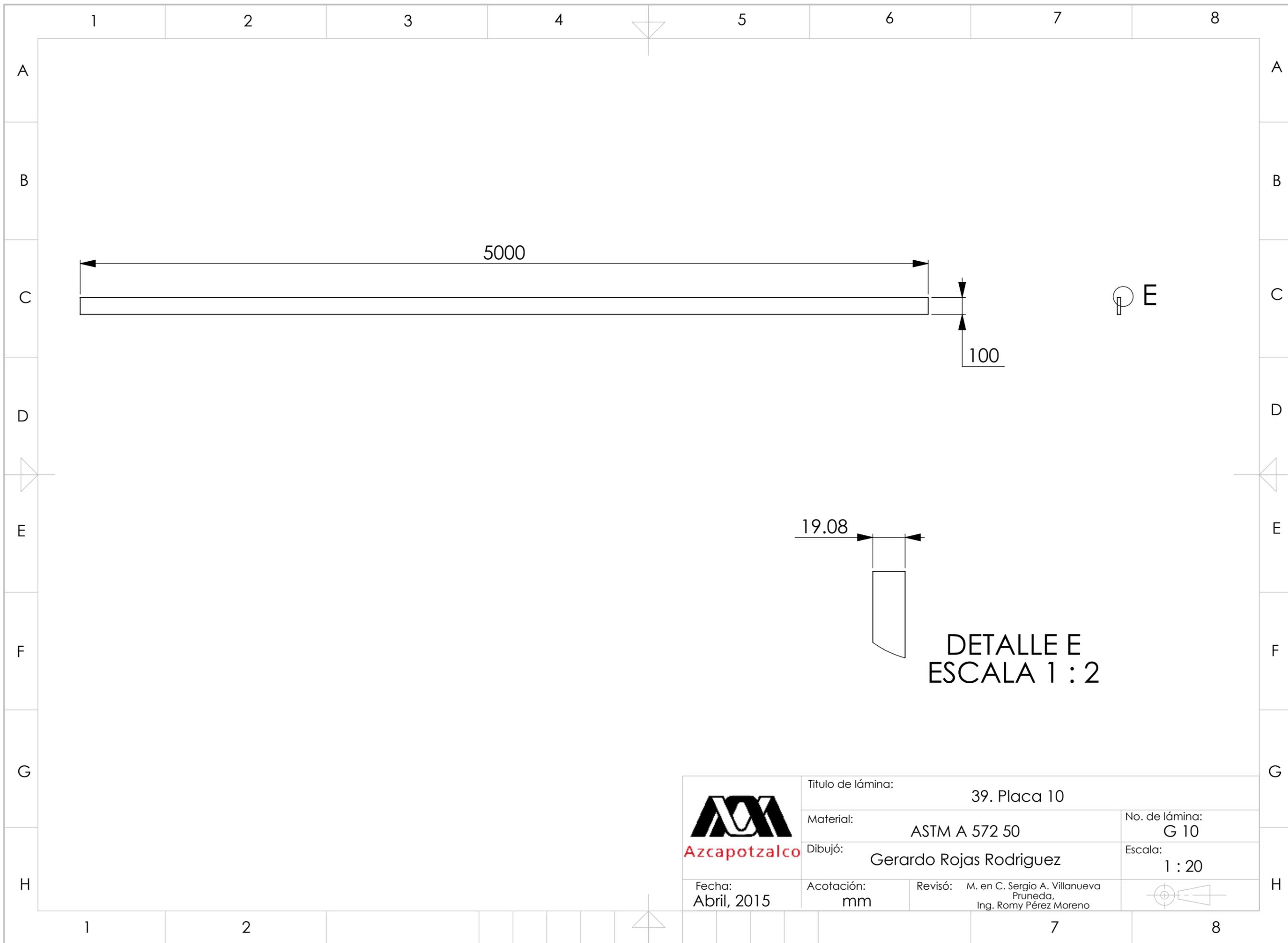
DETALLE E  
ESCALA 1 : 2



Fecha:  
Abril, 2015

Título de lámina: 38. Placa 9		No. de lámina: G 09
Material: ASTM A 572 50	Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	
Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno	Escala: 1 : 20





5000

100

19.08

DETALLE E  
ESCALA 1 : 2



Fecha:  
Abril, 2015

Titulo de lámina: 39. Placa 10		No. de lámina: G 10
Material: ASTM A 572 50	Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	
Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno	Escala: 1 : 20



1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

F

G

G

H

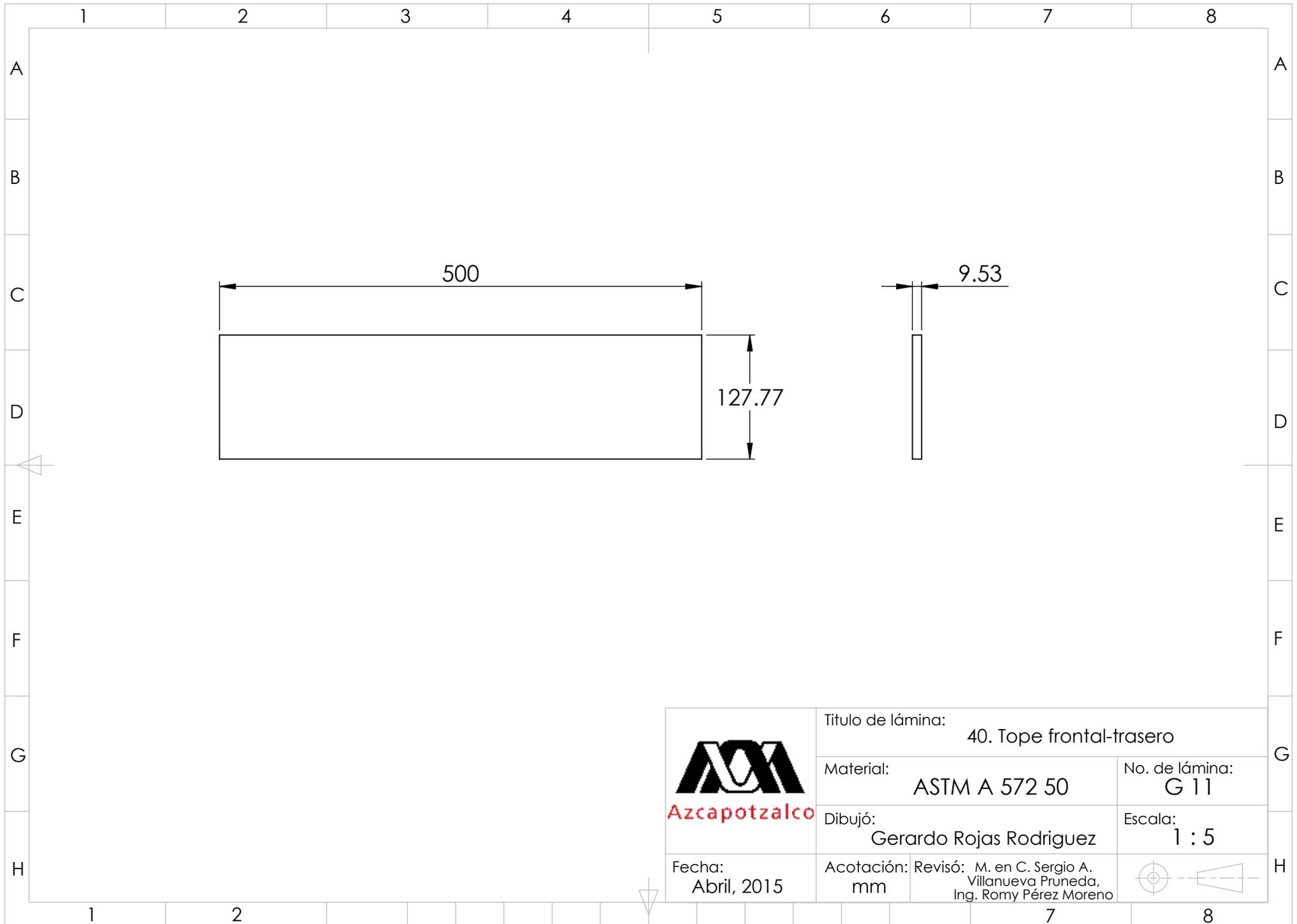
H

1

2

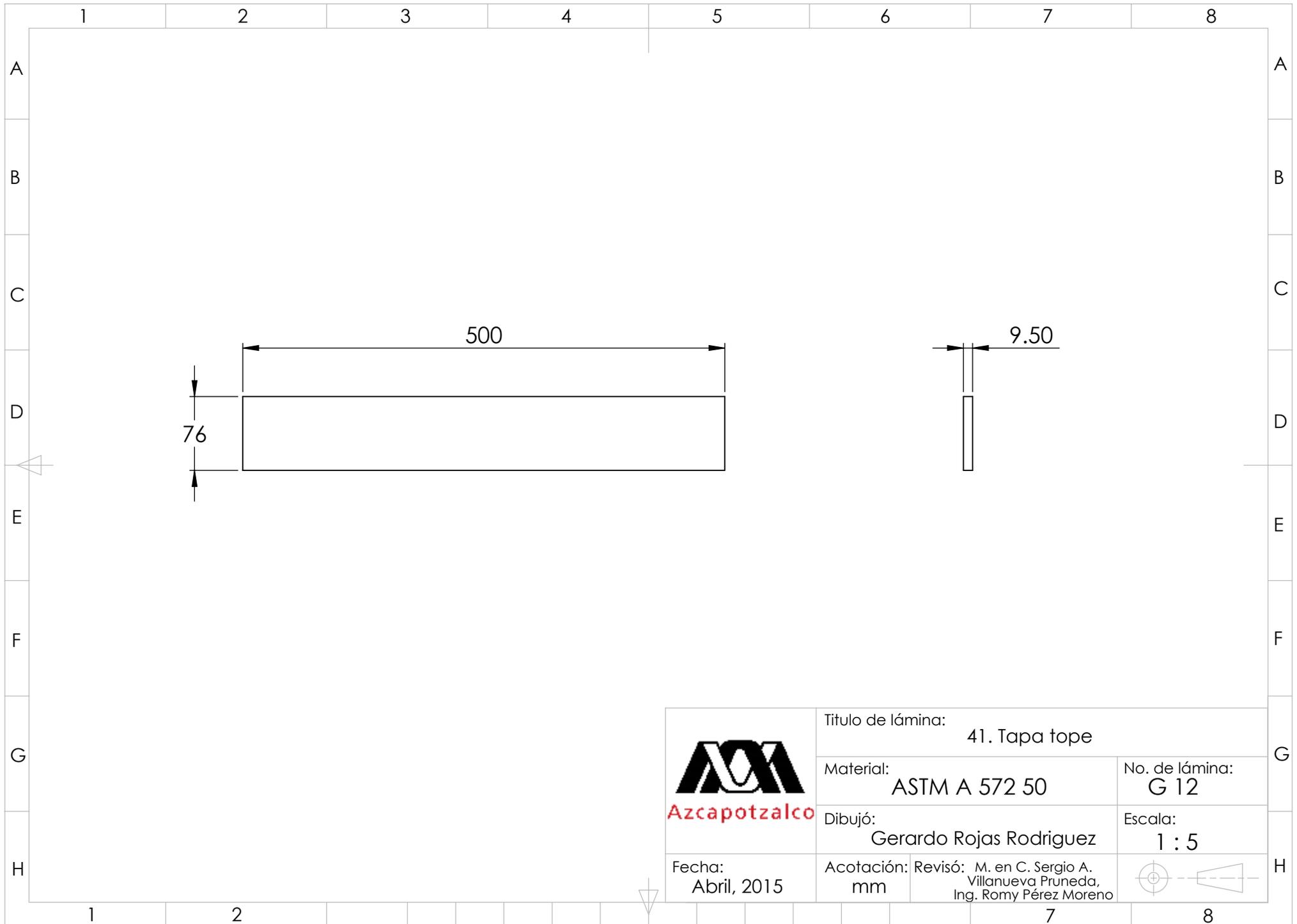
7

8



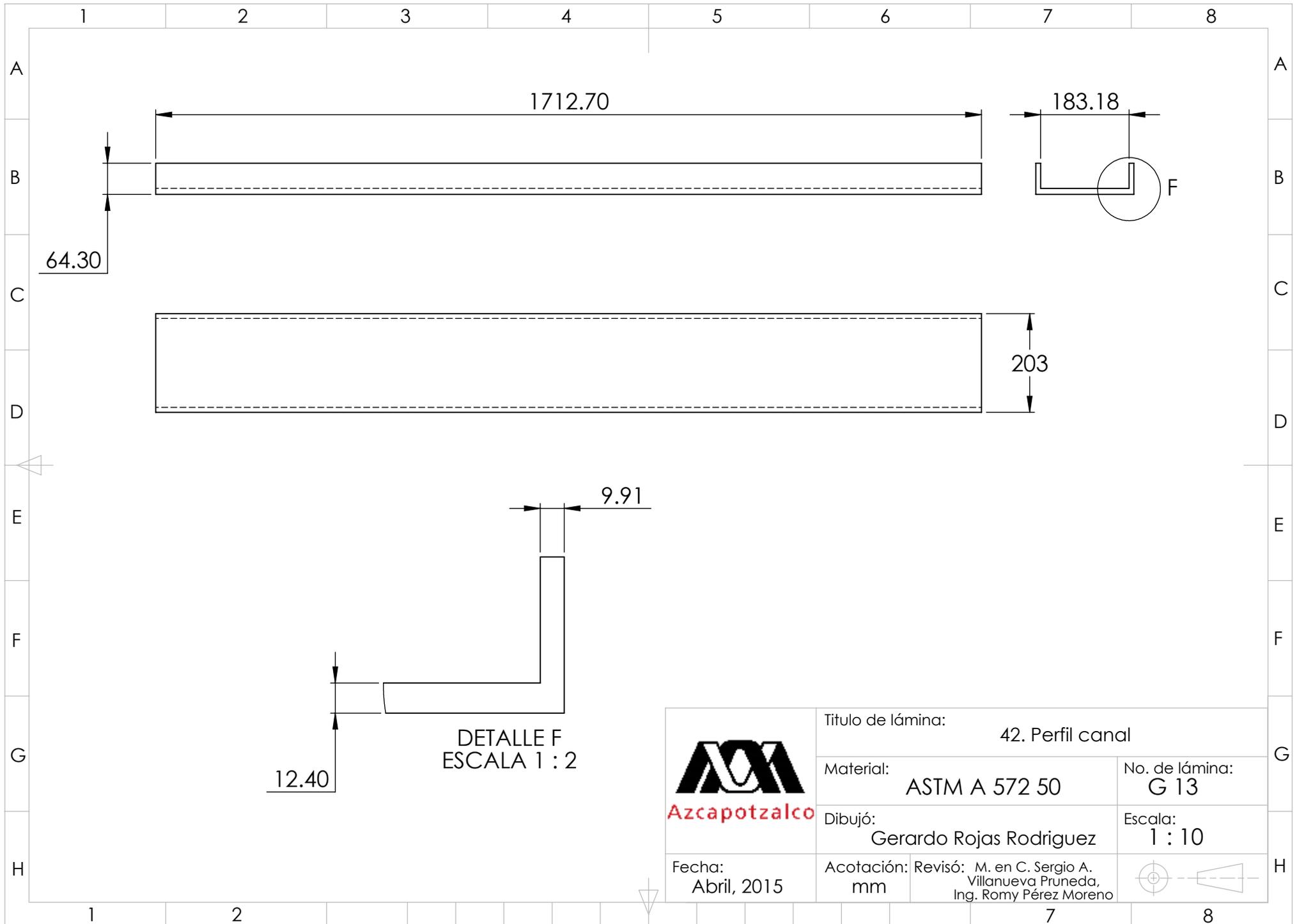
 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: 40. Tope frontal-trasero	
	Material: ASTM A 572 50	No. de lámina: G 11
Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 5	
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno





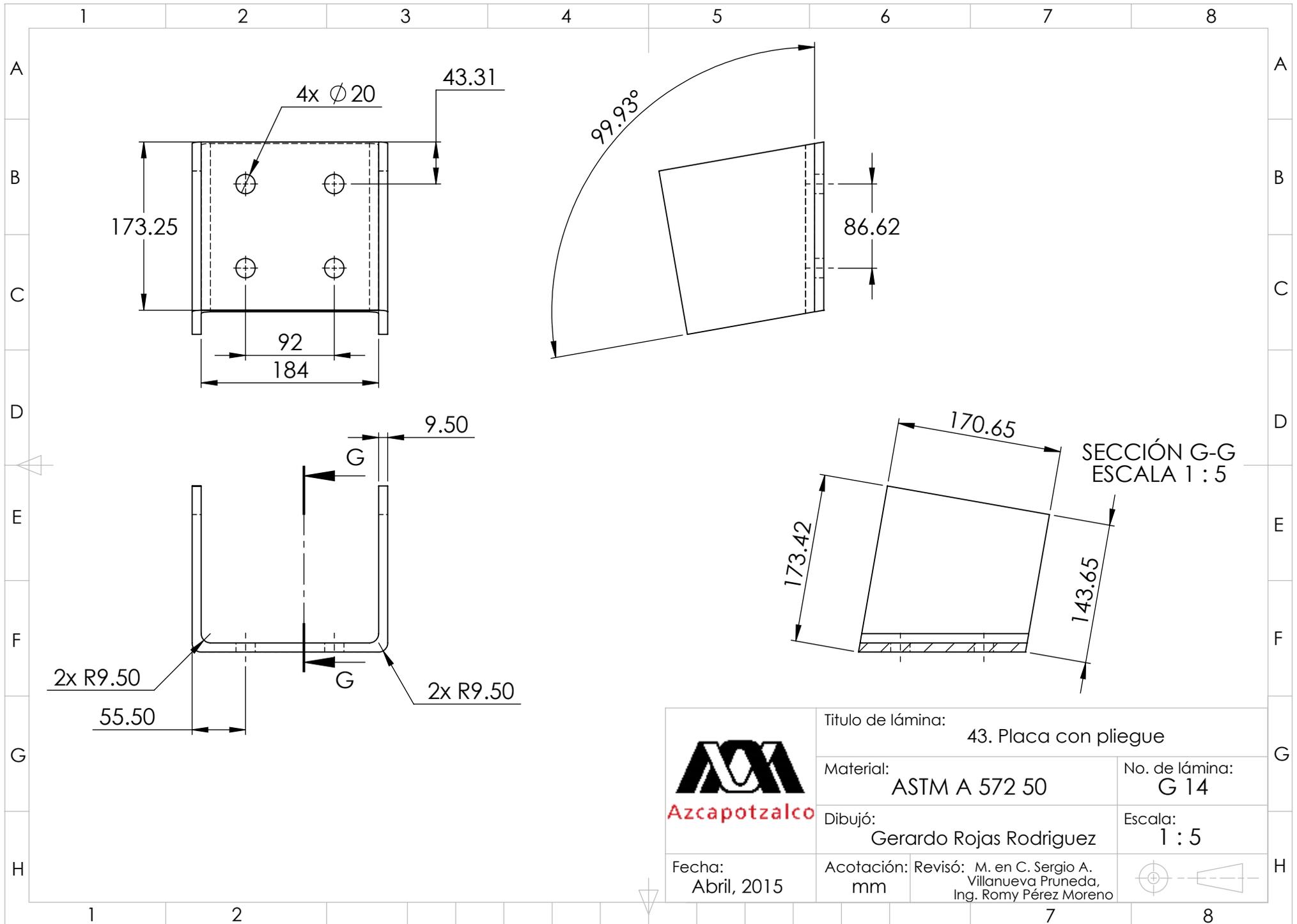
 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: 41. Tapa tope	
	Material: ASTM A 572 50	No. de lámina: G 12
Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 5	
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno



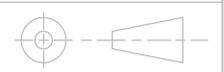


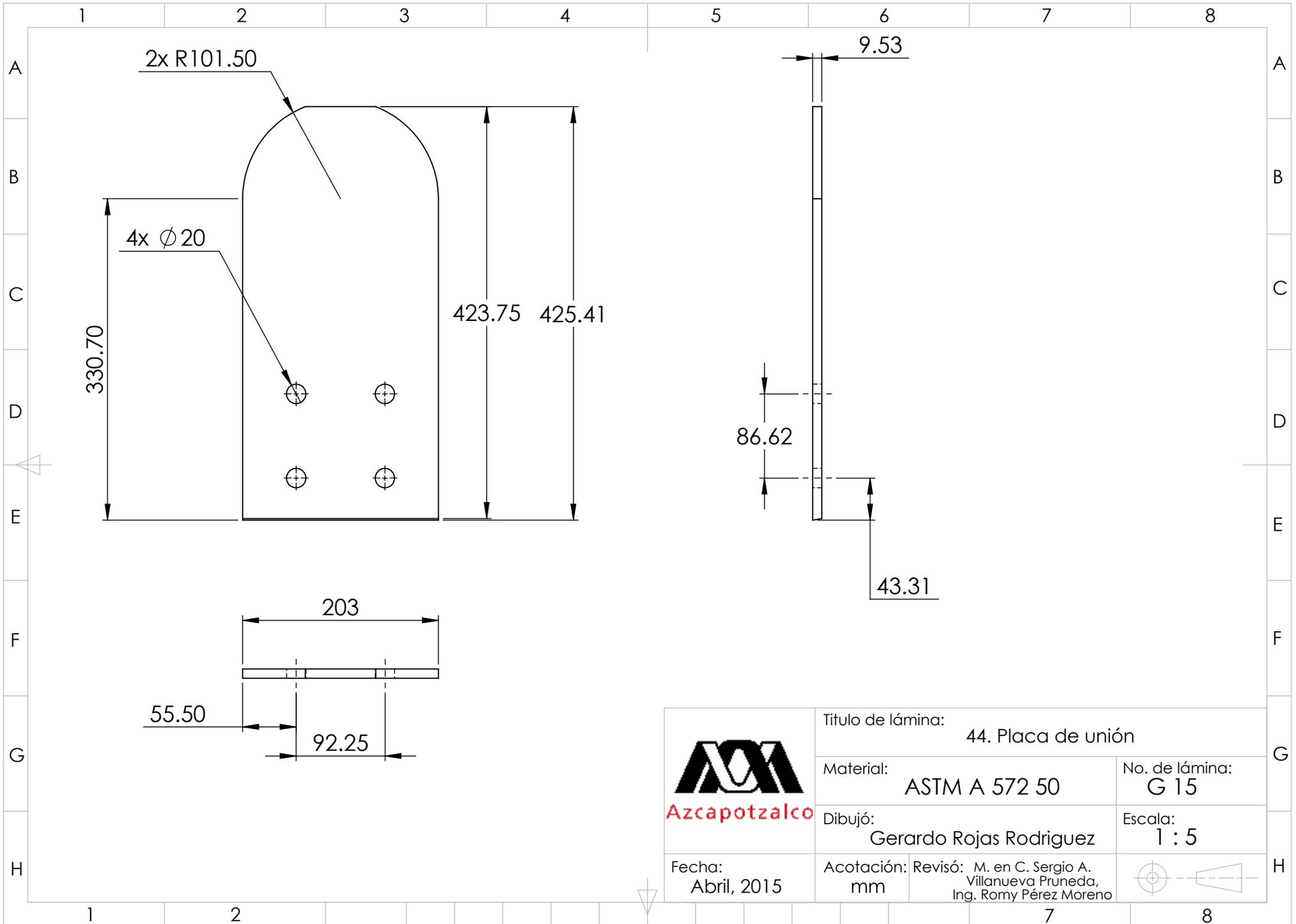
 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: 42. Perfil canal	
	Material: ASTM A 572 50	No. de lámina: G 13
Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 10	
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno



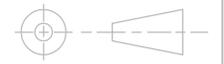


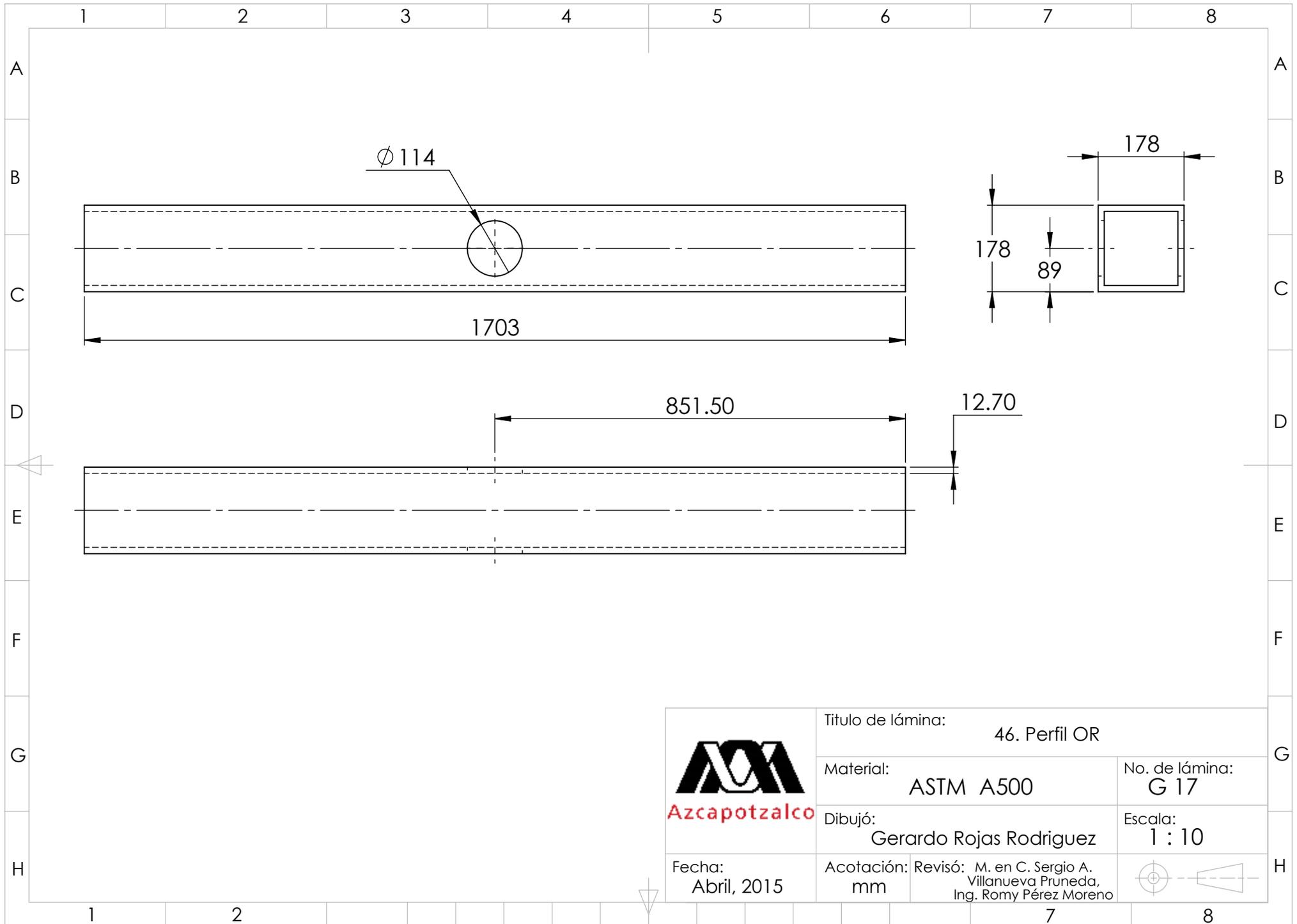
 <b>Azcapotzalco</b>	Título de lámina: 43. Placa con pliegue	
	Material: ASTM A 572 50	No. de lámina: G 14
	Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 5
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno



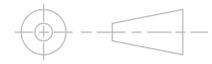


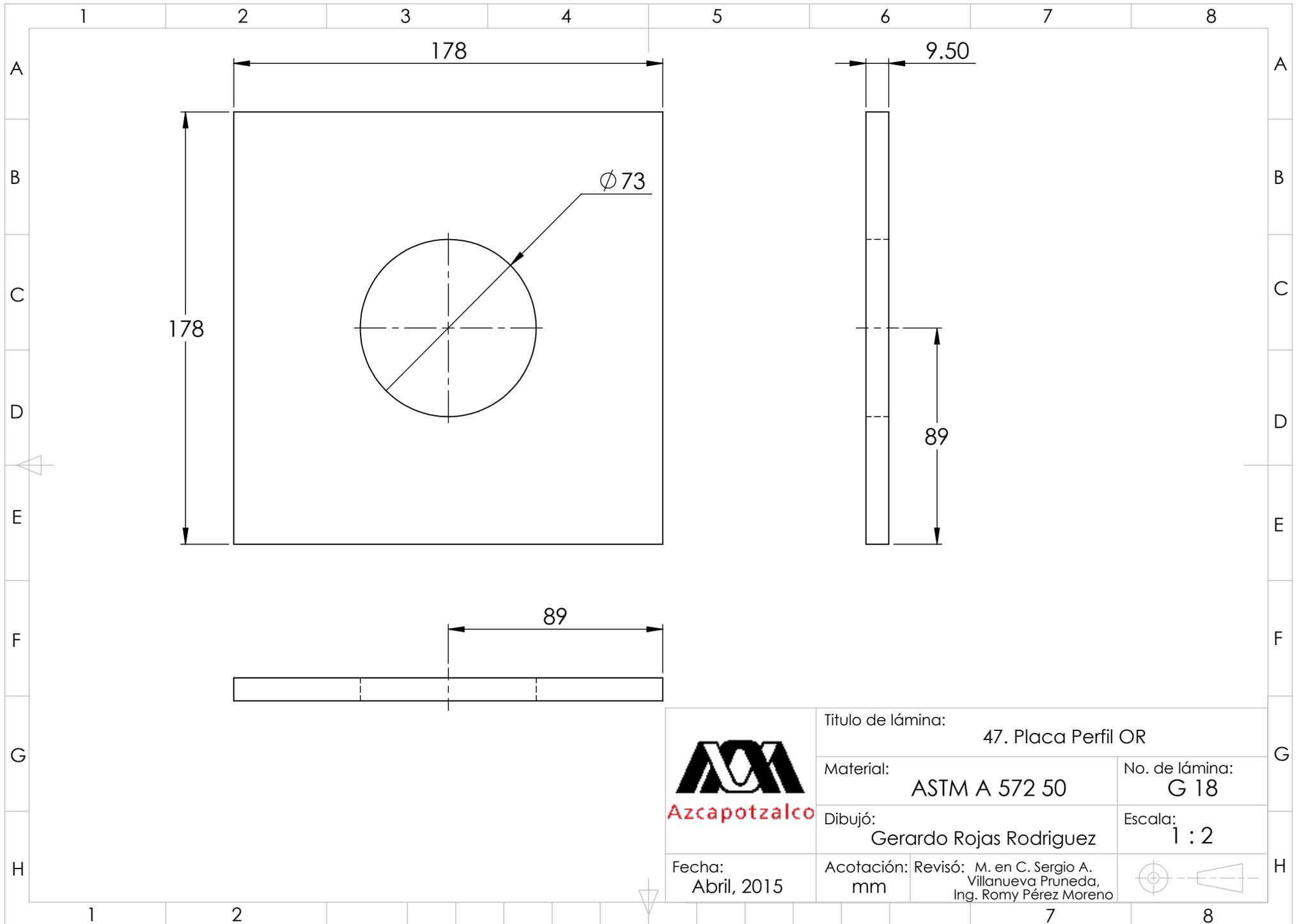
	Título de lámina: 44. Placa de unión	
	Material: ASTM A 572 50	No. de lámina: G 15
Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 5	
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno



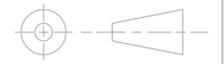


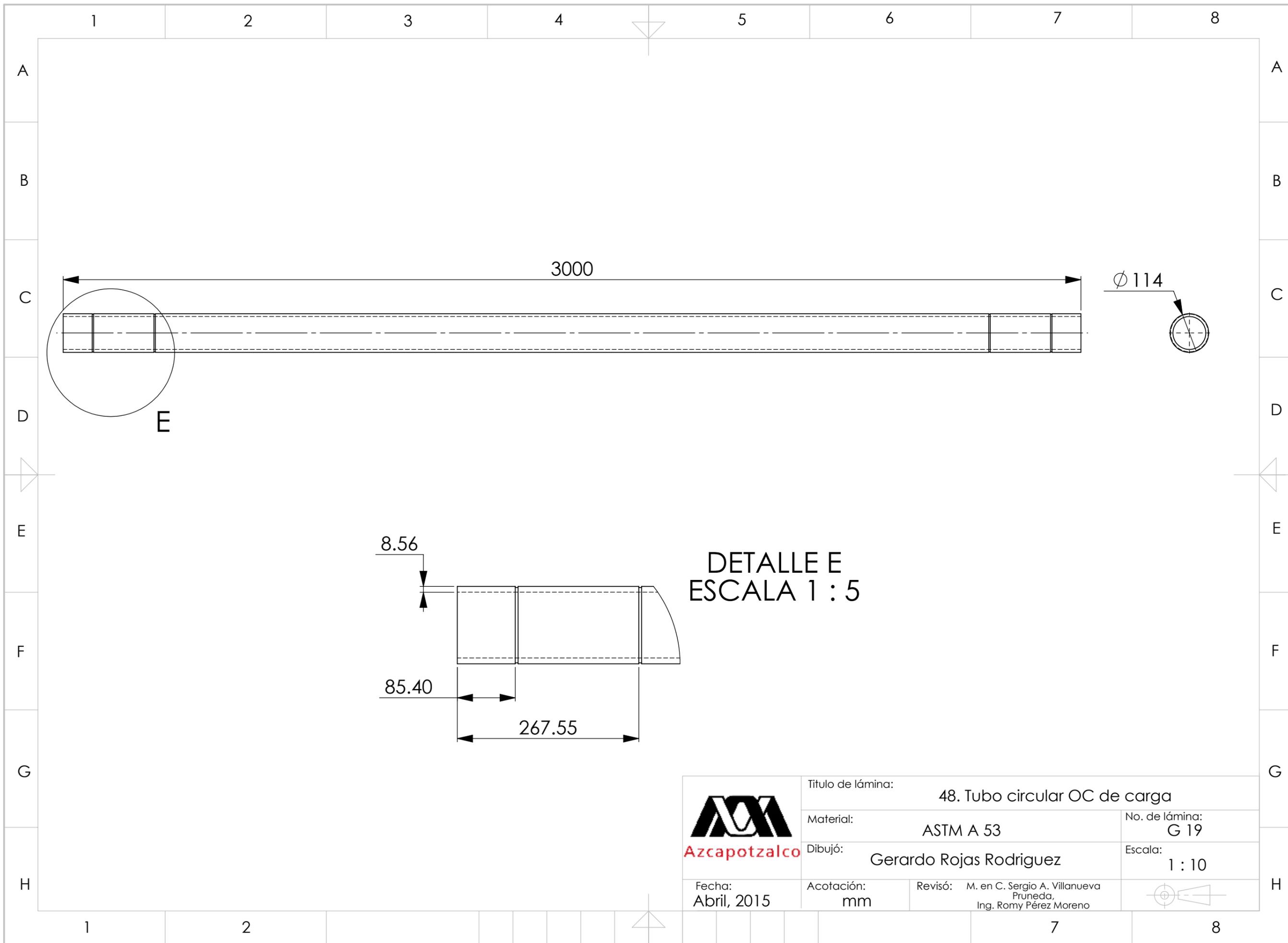
 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: 46. Perfil OR	
	Material: ASTM A500	No. de lámina: G 17
	Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	
	Escala: 1 : 10	
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno





Titulo de lámina:		47. Placa Perfil OR	
Material:	ASTM A 572 50	No. de lámina:	G 18
Dibujó:	Gerardo Rojas Rodriguez	Escala:	1 : 2
Fecha:	Abril, 2015	Acotación:	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno





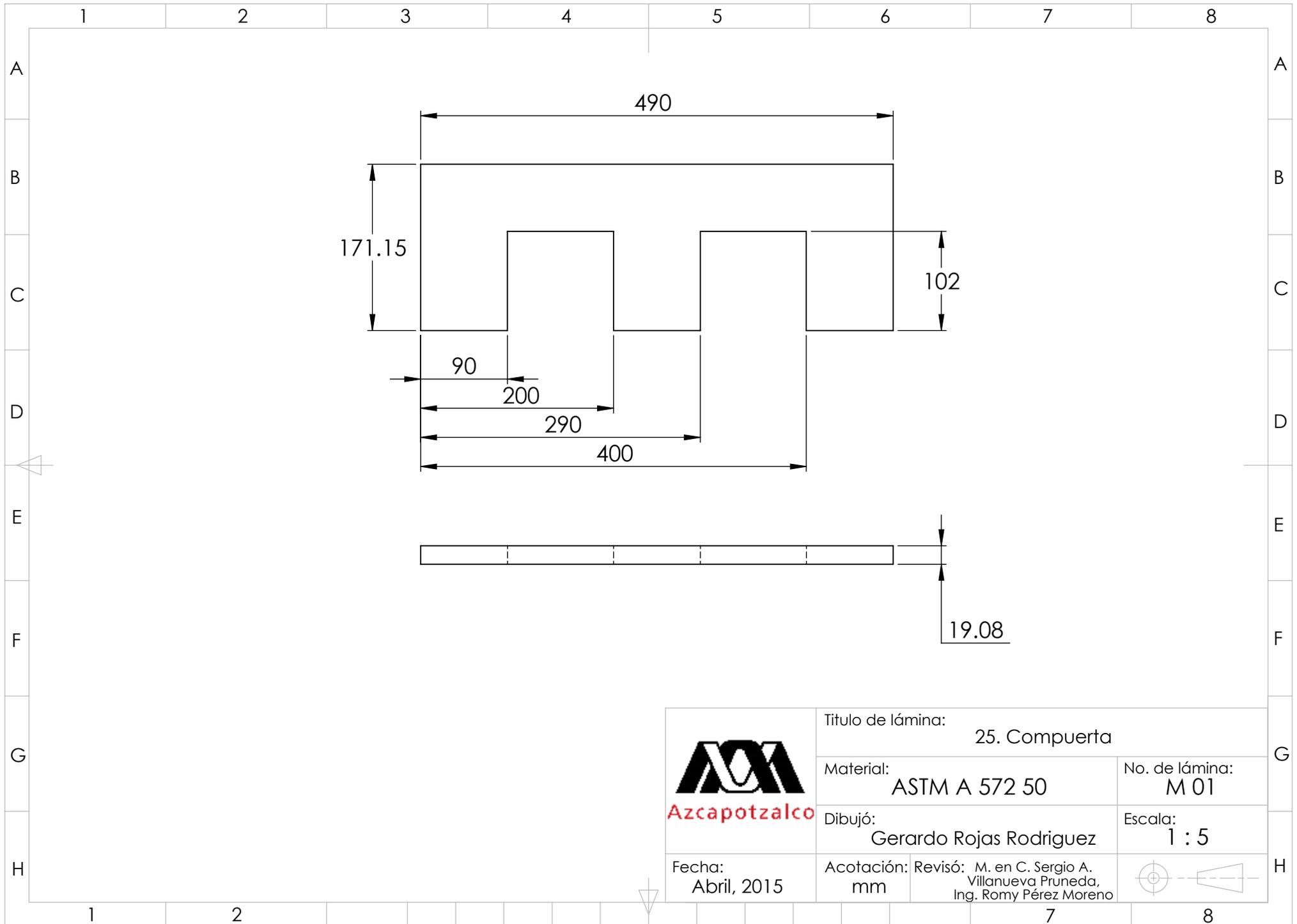
DETALLE E  
ESCALA 1 : 5



Fecha:  
Abril, 2015

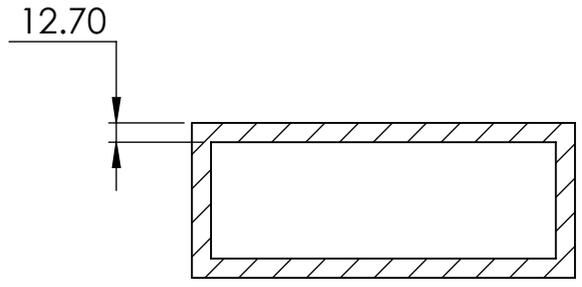
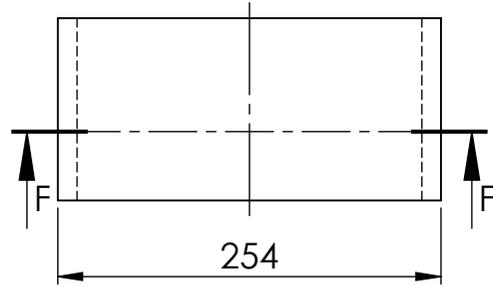
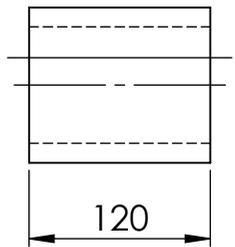
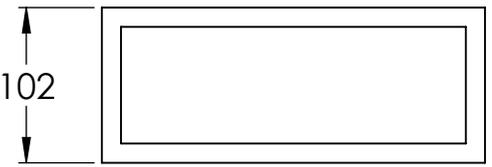
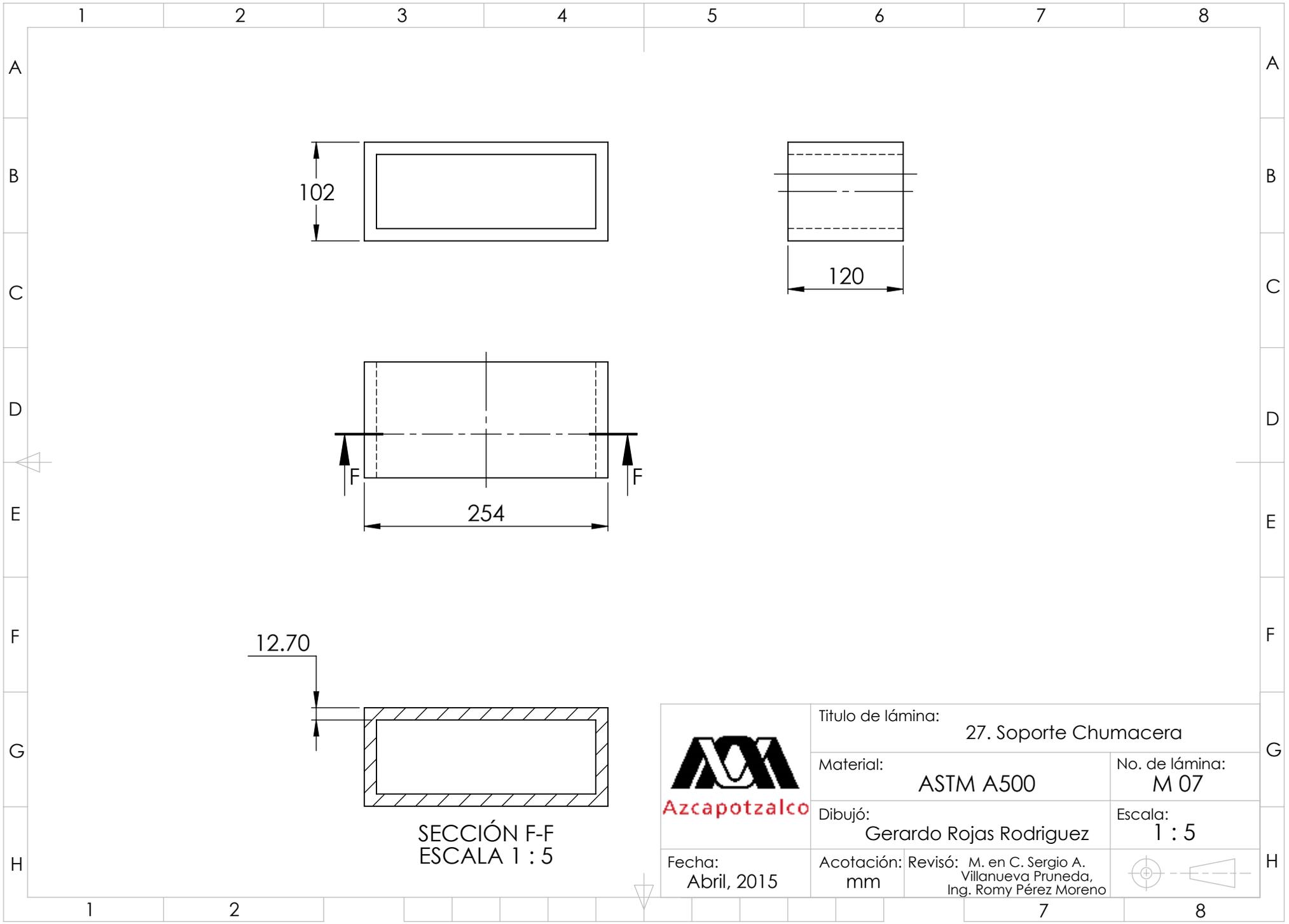
Título de lámina: 48. Tubo circular OC de carga		No. de lámina: G 19
Material: ASTM A 53	Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	
Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno	Escala: 1 : 10





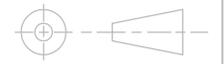
 <b>Azcapotzalco</b>	Título de lámina: 25. Compuerta	
	Material: ASTM A 572 50	No. de lámina: M 01
	Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 5
	Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm

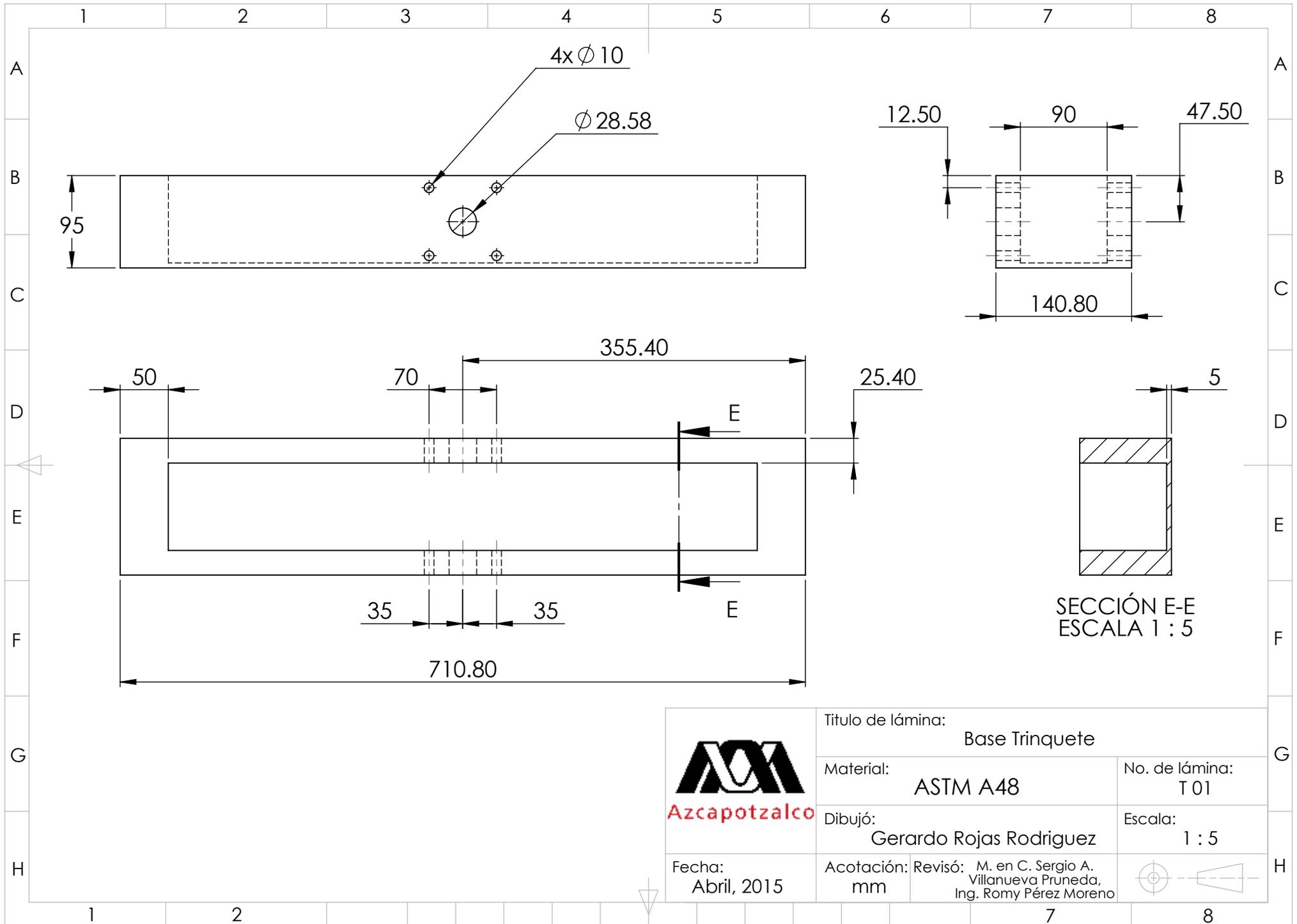
Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno	
---	---



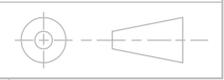
SECCIÓN F-F  
ESCALA 1 : 5

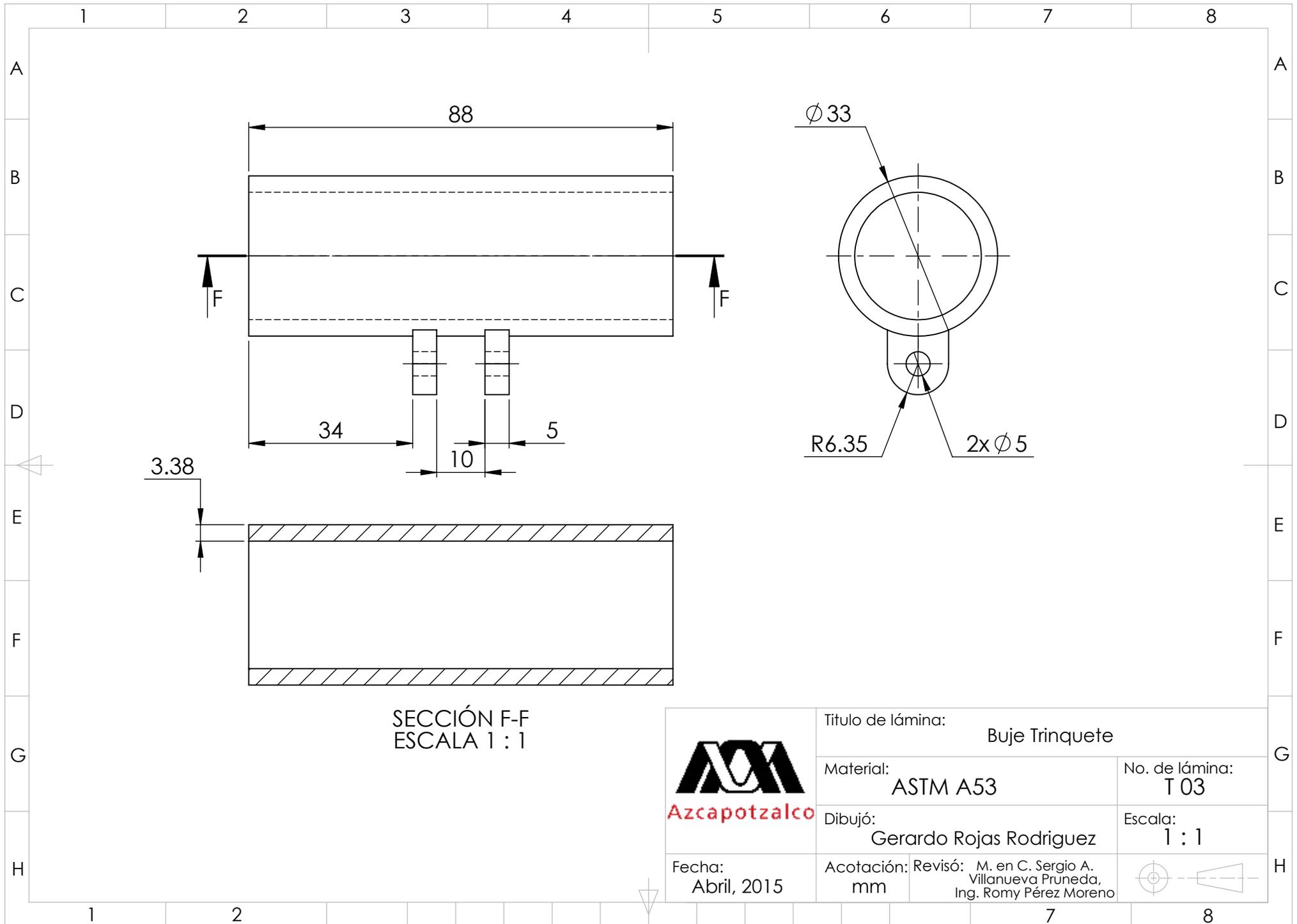
 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: 27. Soporte Chumacera	
	Material: ASTM A500	No. de lámina: M 07
Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 5	
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno





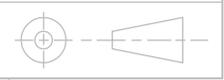
 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: <b>Base Trinquete</b>	
	Material: <b>ASTM A48</b>	No. de lámina: <b>T01</b>
Dibujó: <b>Gerardo Rojas Rodriguez</b>	Escala: <b>1 : 5</b>	
Fecha: <b>Abril, 2015</b>	Acotación: <b>mm</b>	Revisó: <b>M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno</b>

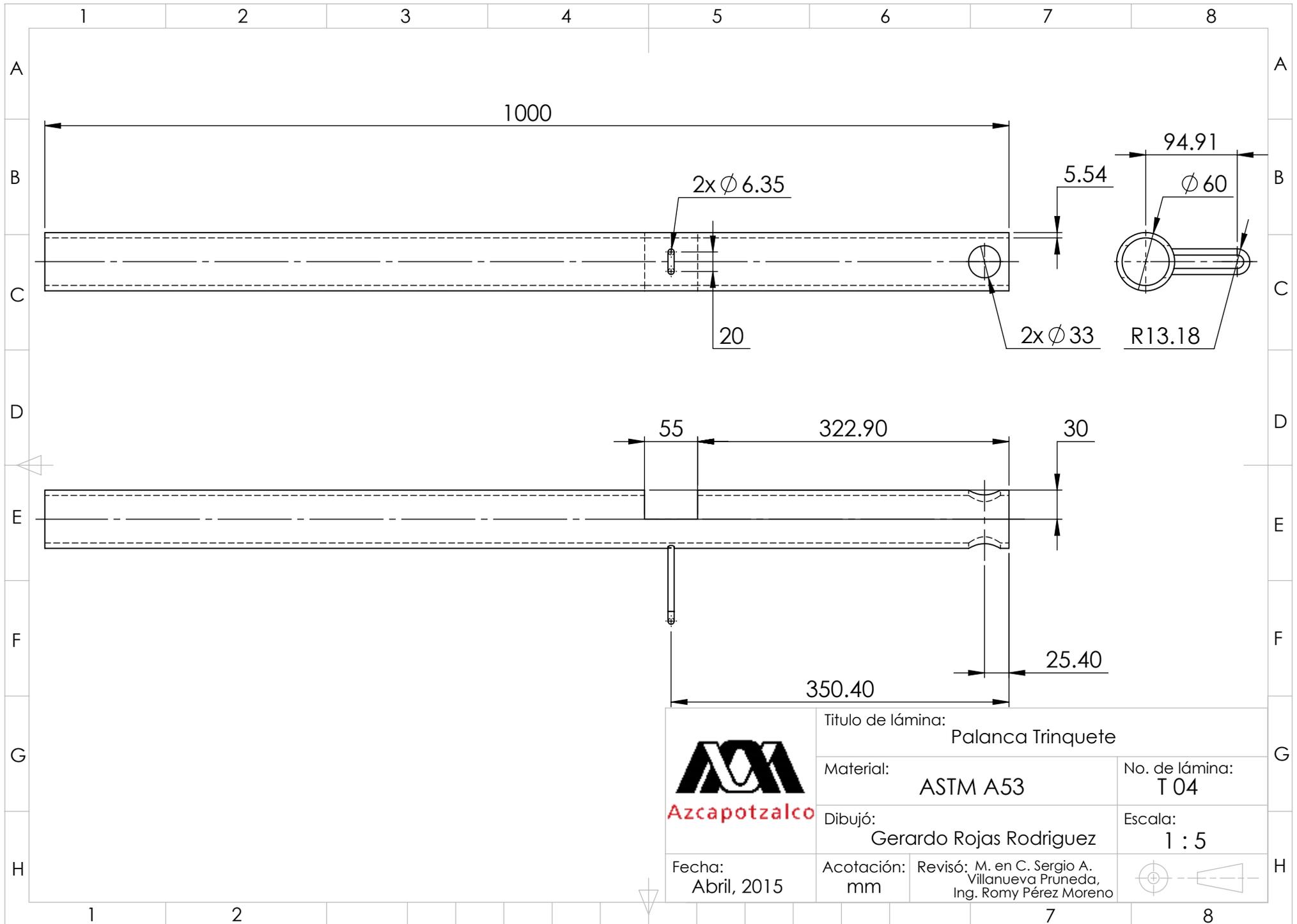




SECCIÓN F-F  
ESCALA 1 : 1

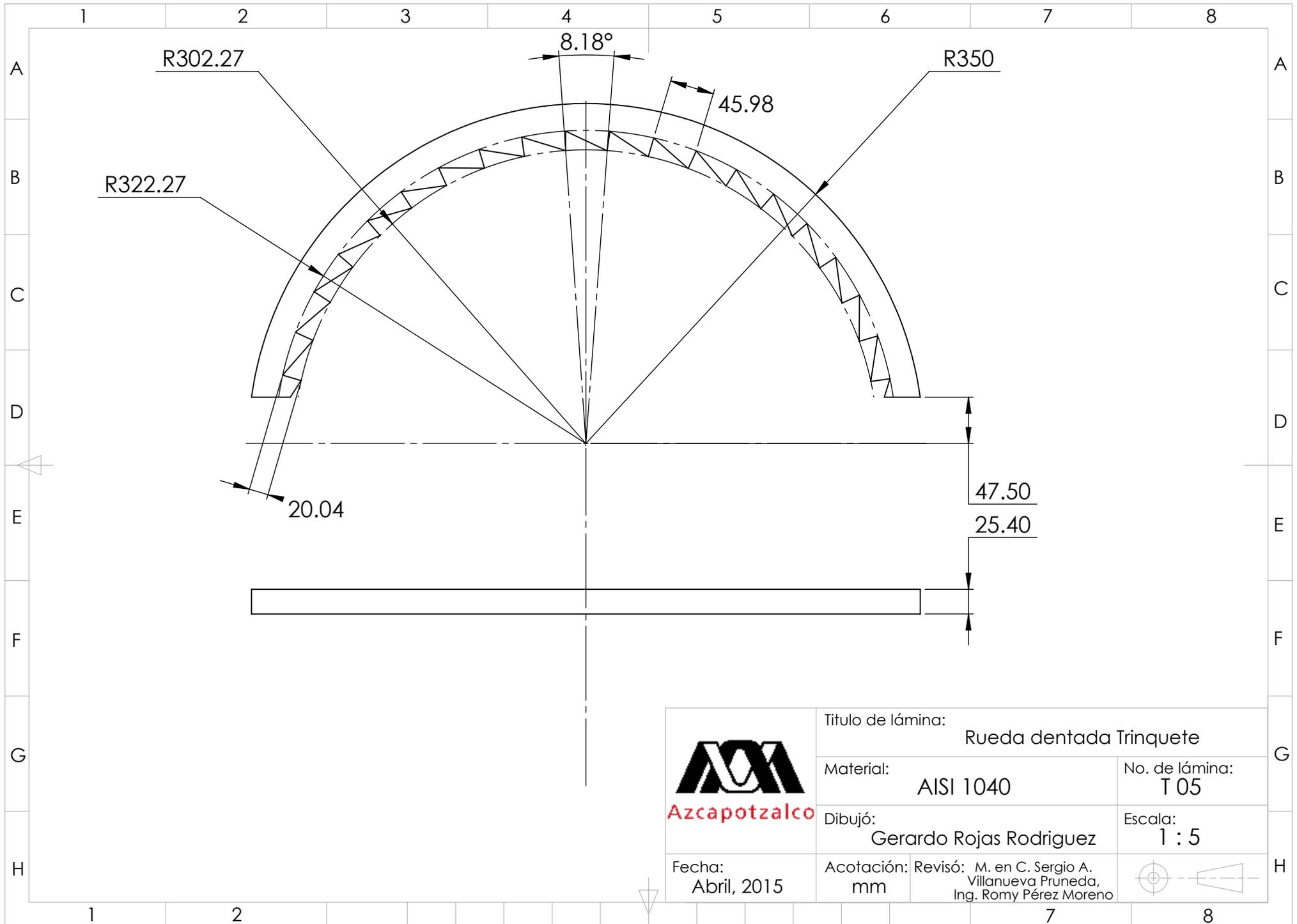
 <b>Azcapotzalco</b>	Título de lámina: Buje Trinquete	
	Material: ASTM A53	No. de lámina: T 03
Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 1	
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno





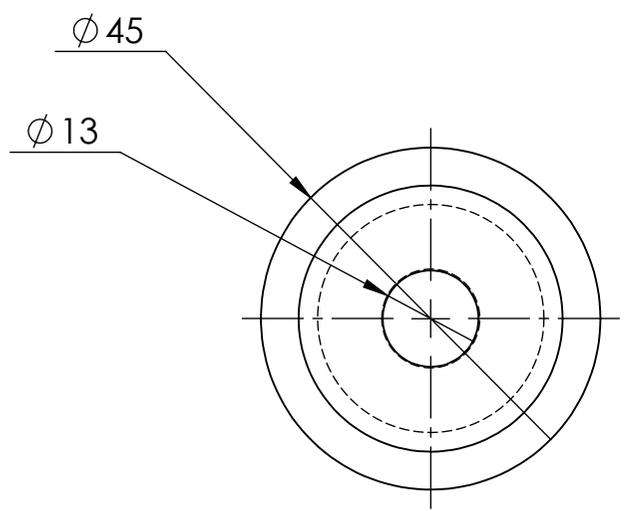
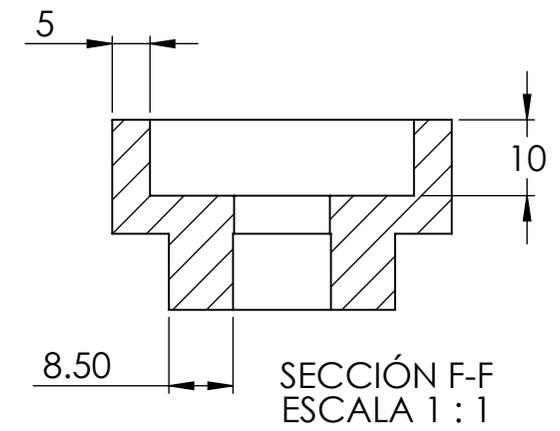
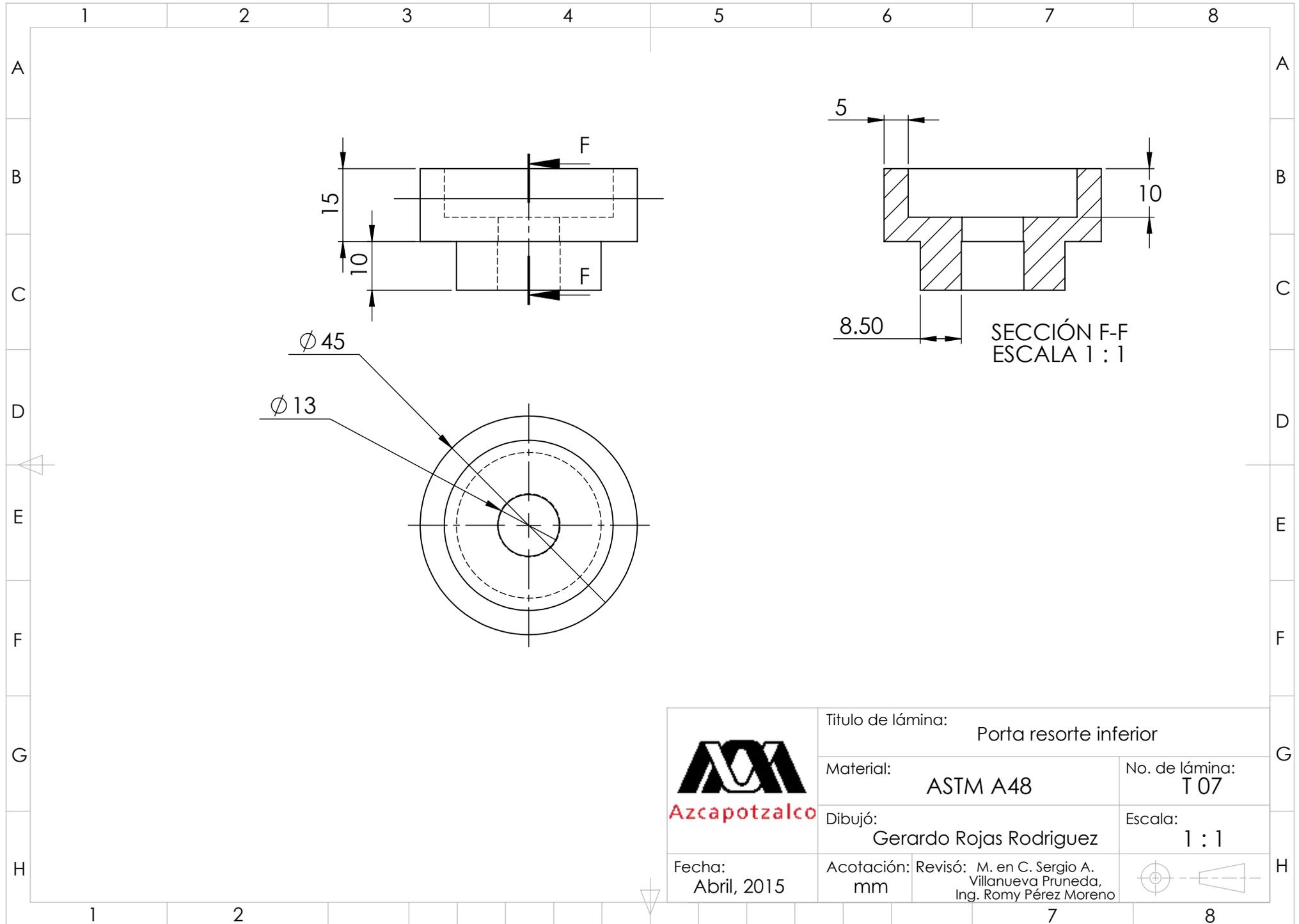
 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: <b>Palanca Trinquete</b>	
	Material: <b>ASTM A53</b>	No. de lámina: <b>T 04</b>
Dibujó: <b>Gerardo Rojas Rodriguez</b>	Escala: <b>1 : 5</b>	
Fecha: <b>Abril, 2015</b>	Acotación: <b>mm</b>	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno



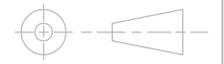


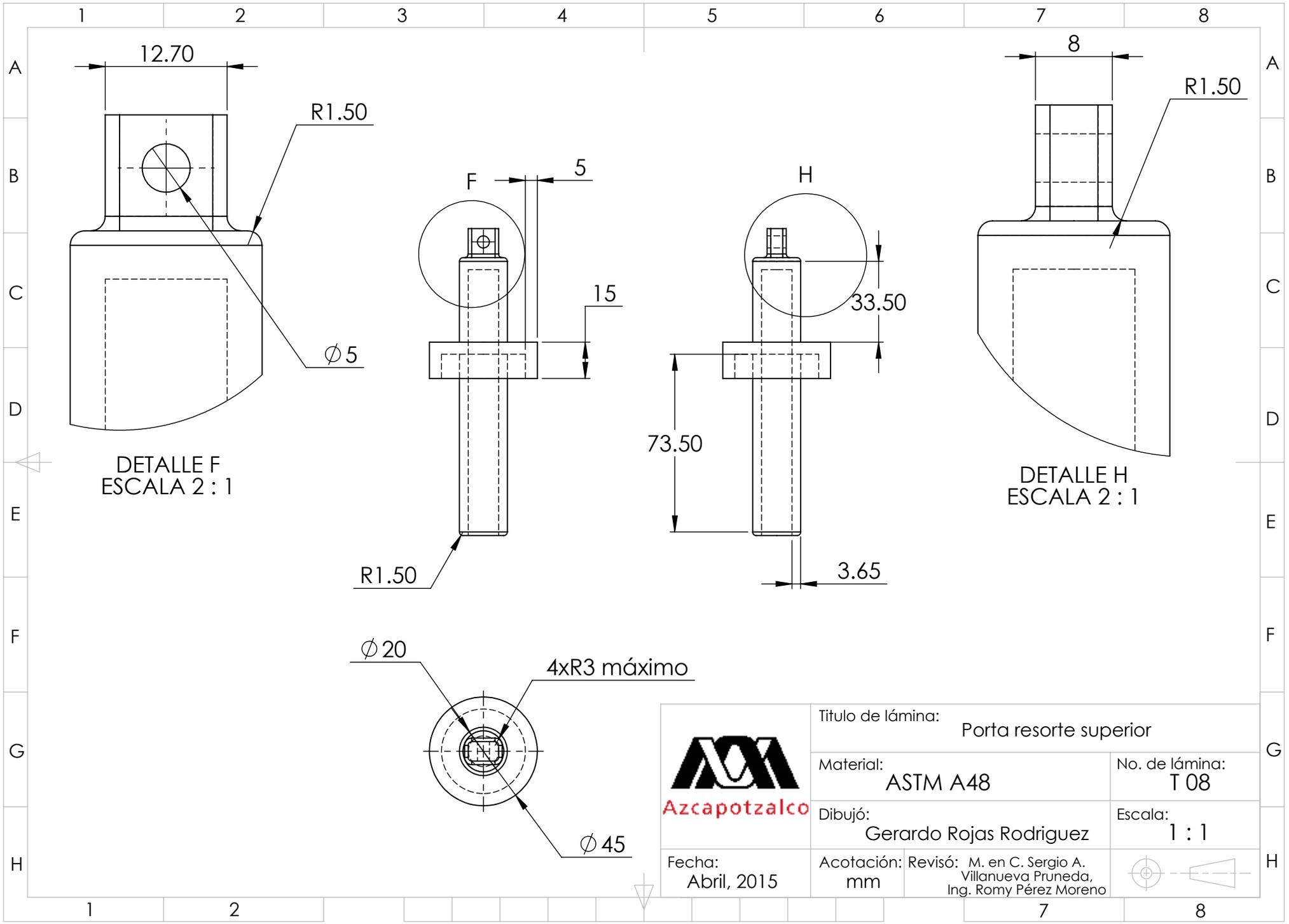
 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: Rueda dentada Trinquete	
	Material: AISI 1040	No. de lámina: T 05
Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 5	
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno





 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: <b>Porta resorte inferior</b>	
	Material: <b>ASTM A48</b>	No. de lámina: <b>T 07</b>
Dibujó: <b>Gerardo Rojas Rodriguez</b>	Escala: <b>1 : 1</b>	
Fecha: <b>Abril, 2015</b>	Acotación: <b>mm</b>	Revisó: <b>M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno</b>

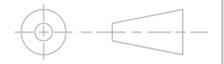


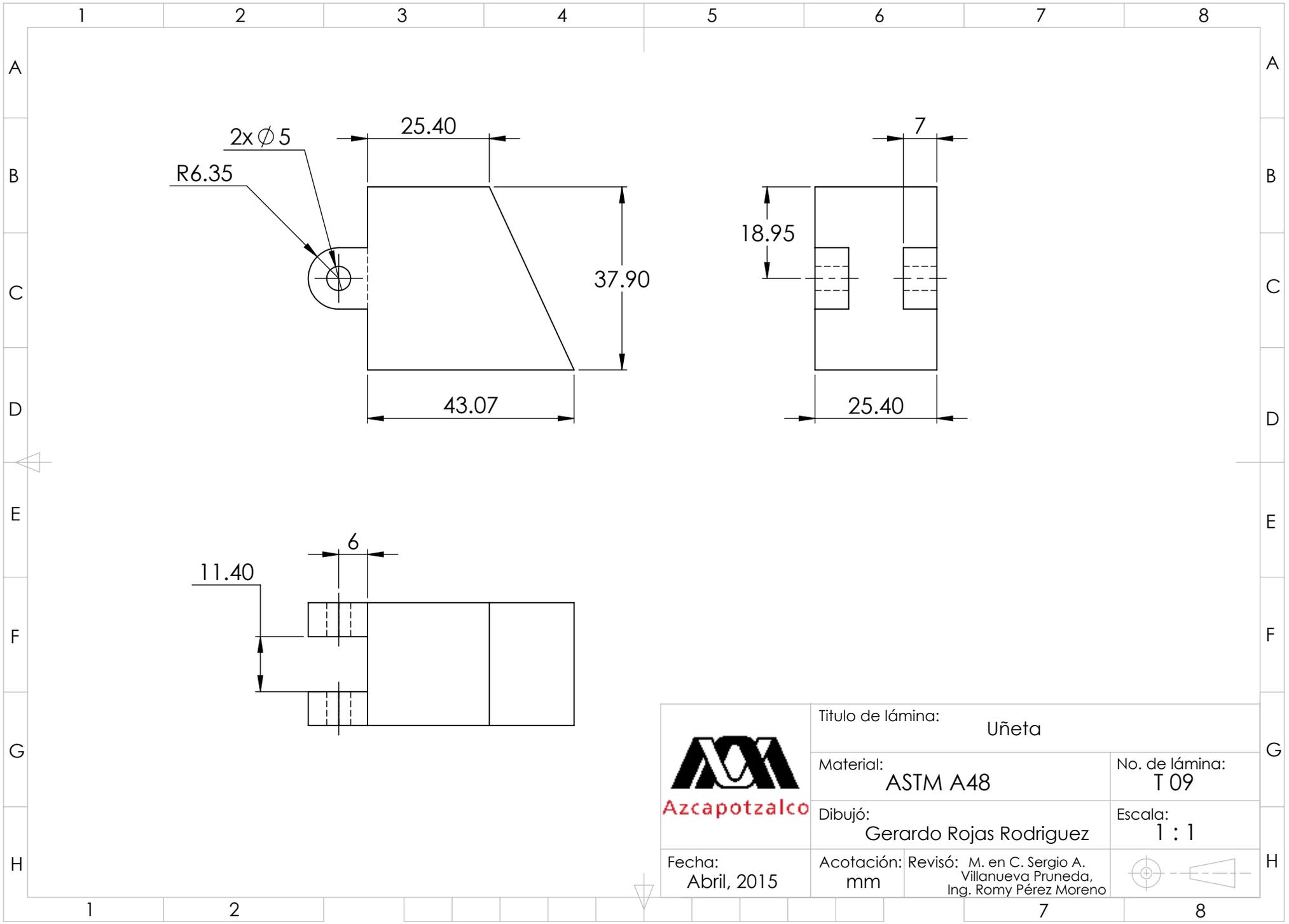


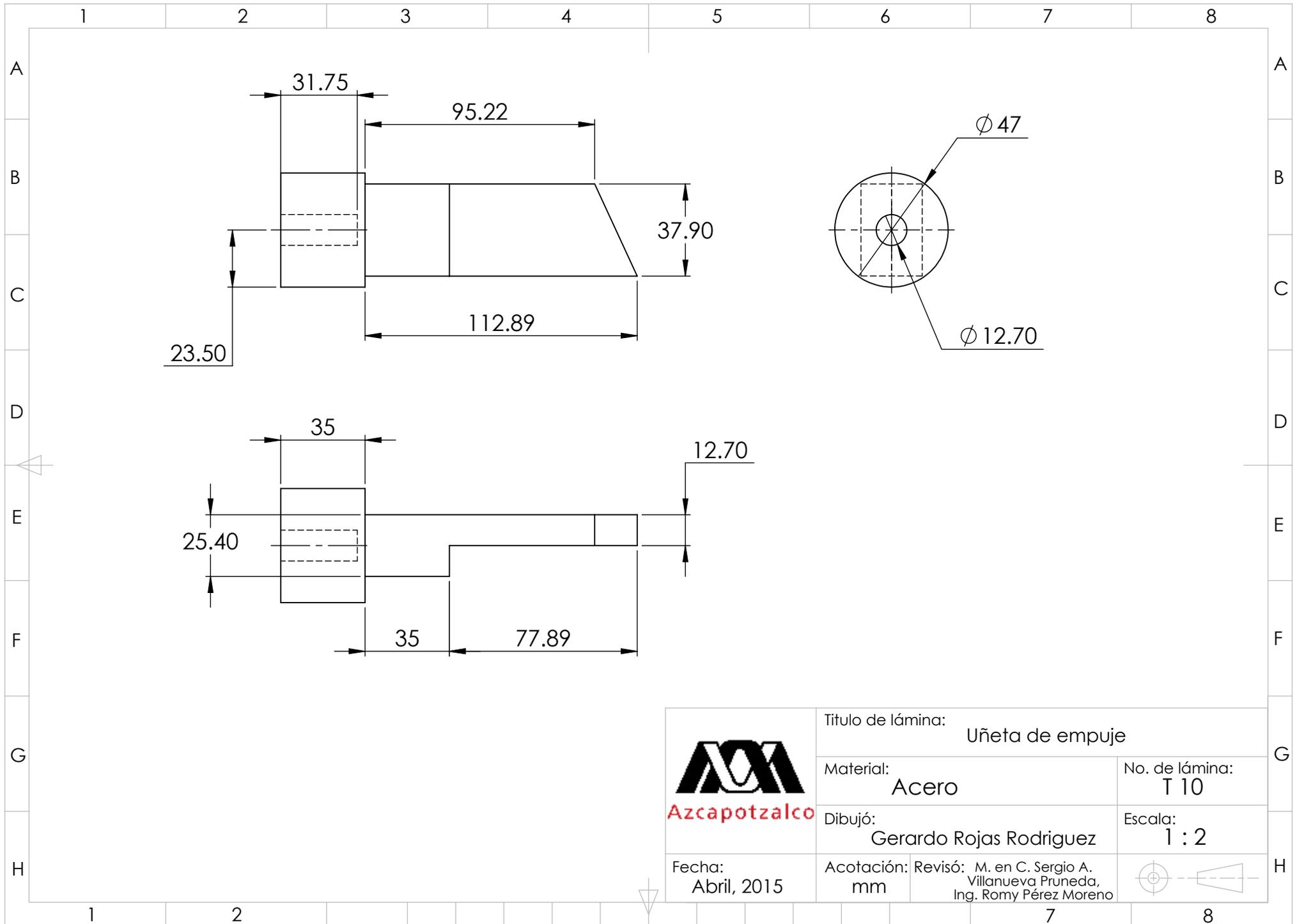
DETALLE F  
ESCALA 2 : 1

DETALLE H  
ESCALA 2 : 1

	Título de lámina: Porta resorte superior	
	Material: ASTM A48	No. de lámina: T 08
Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 1	
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno

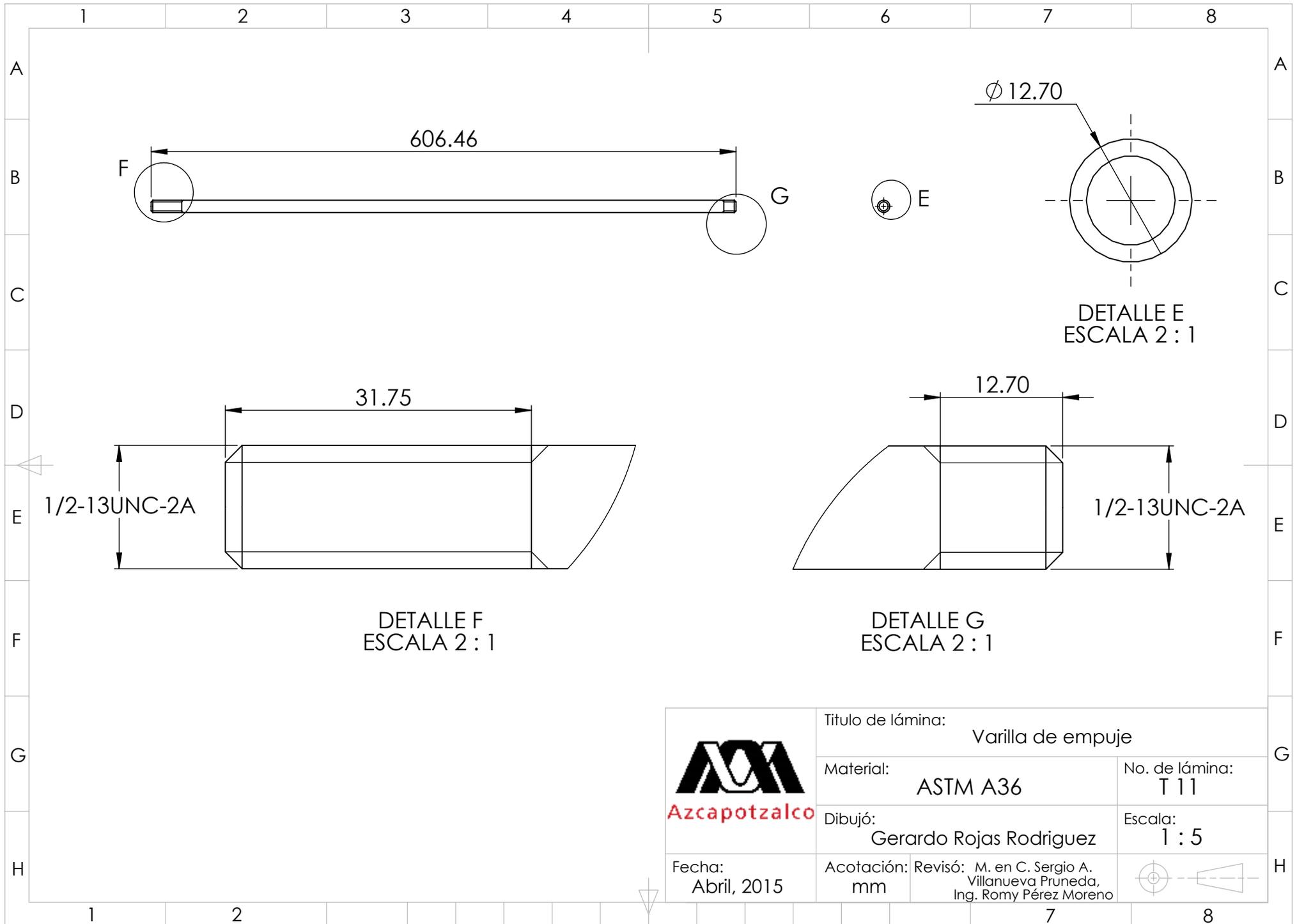






 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: Uñeta de empuje	
	Material: Acero	No. de lámina: T 10
	Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 2
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno



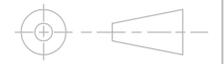


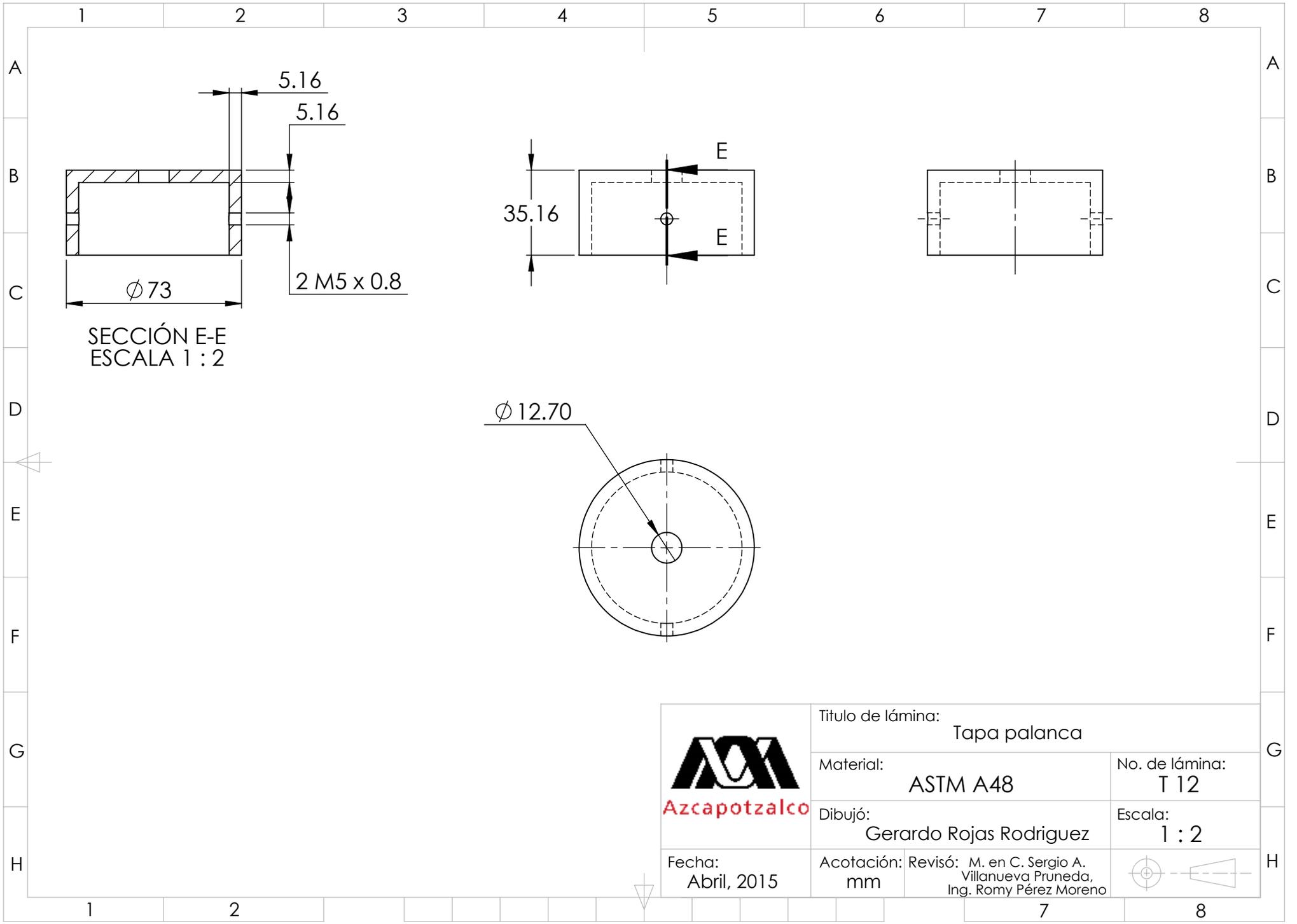
DETALLE F  
ESCALA 2 : 1

DETALLE E  
ESCALA 2 : 1

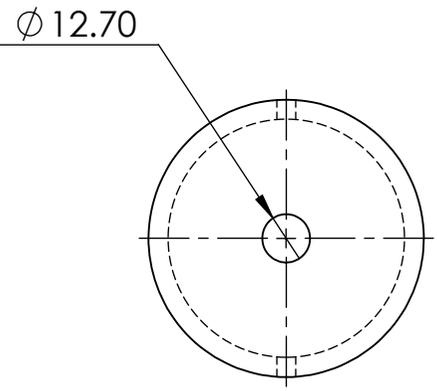
DETALLE G  
ESCALA 2 : 1

 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: Varilla de empuje	
	Material: ASTM A36	No. de lámina: T 11
	Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 5
	Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno

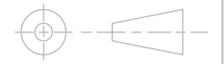


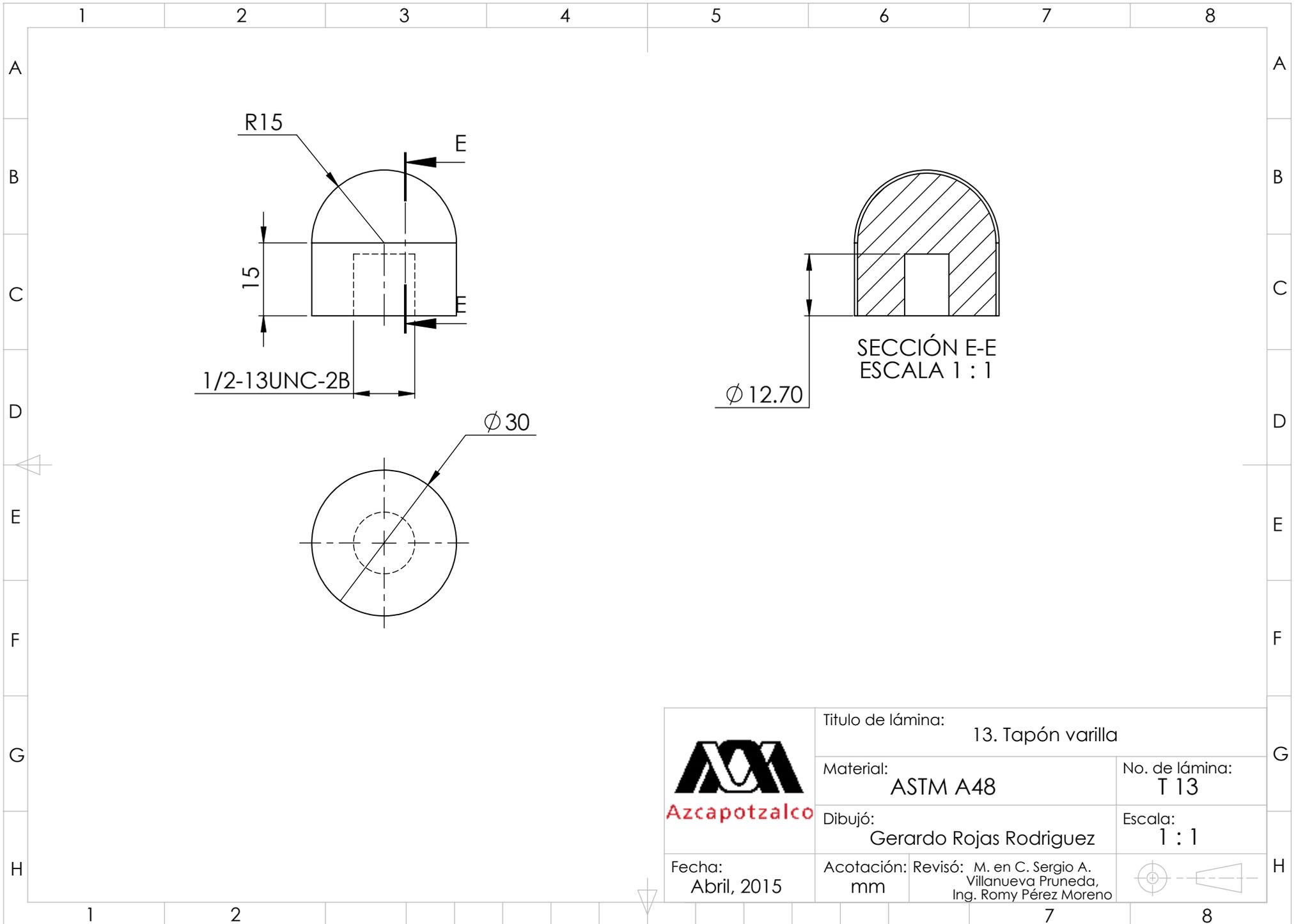


SECCIÓN E-E  
ESCALA 1 : 2

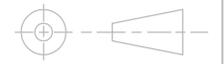


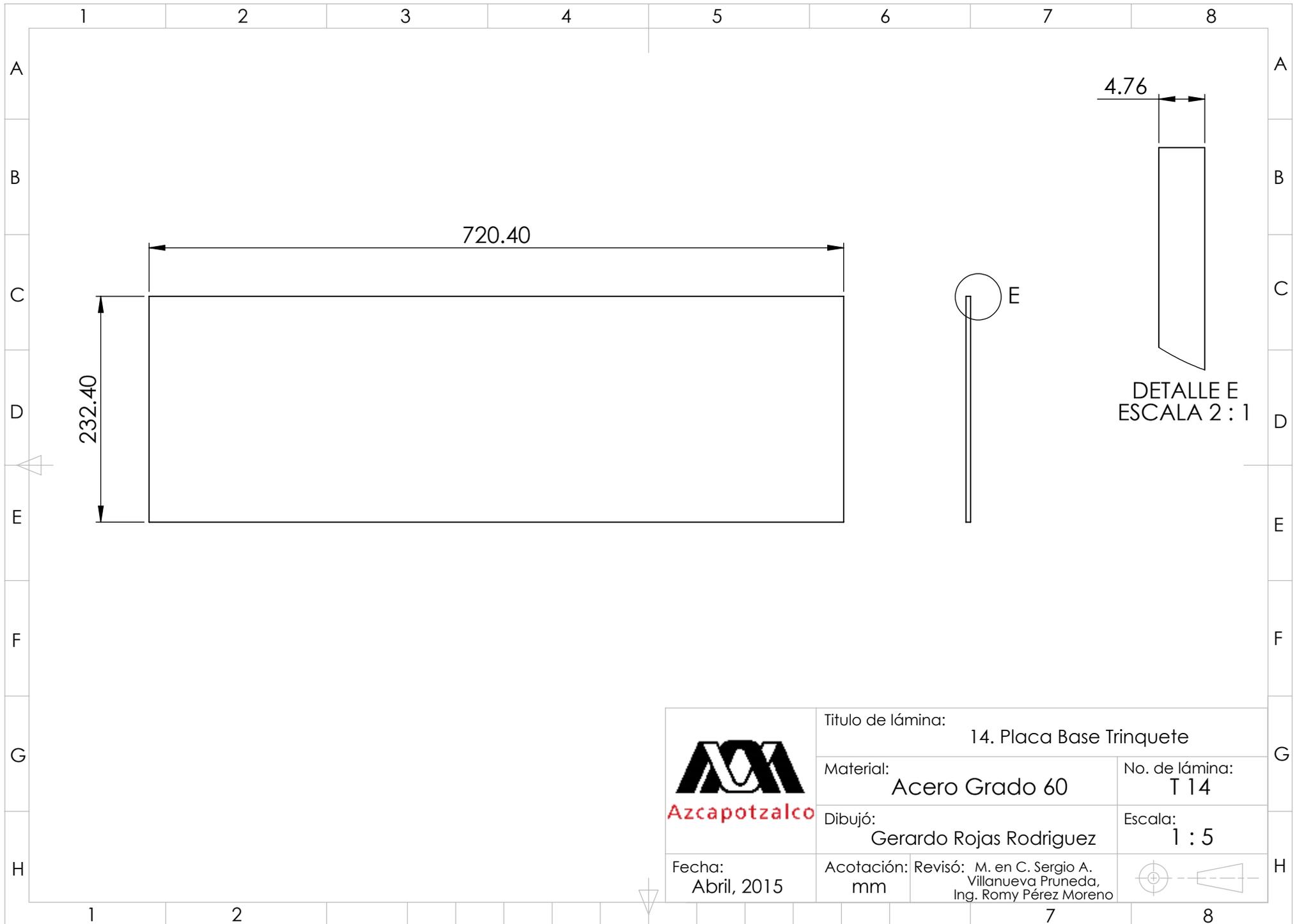
 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: Tapa palanca	
	Material: ASTM A48	No. de lámina: T 12
	Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 2
	Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm



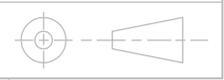


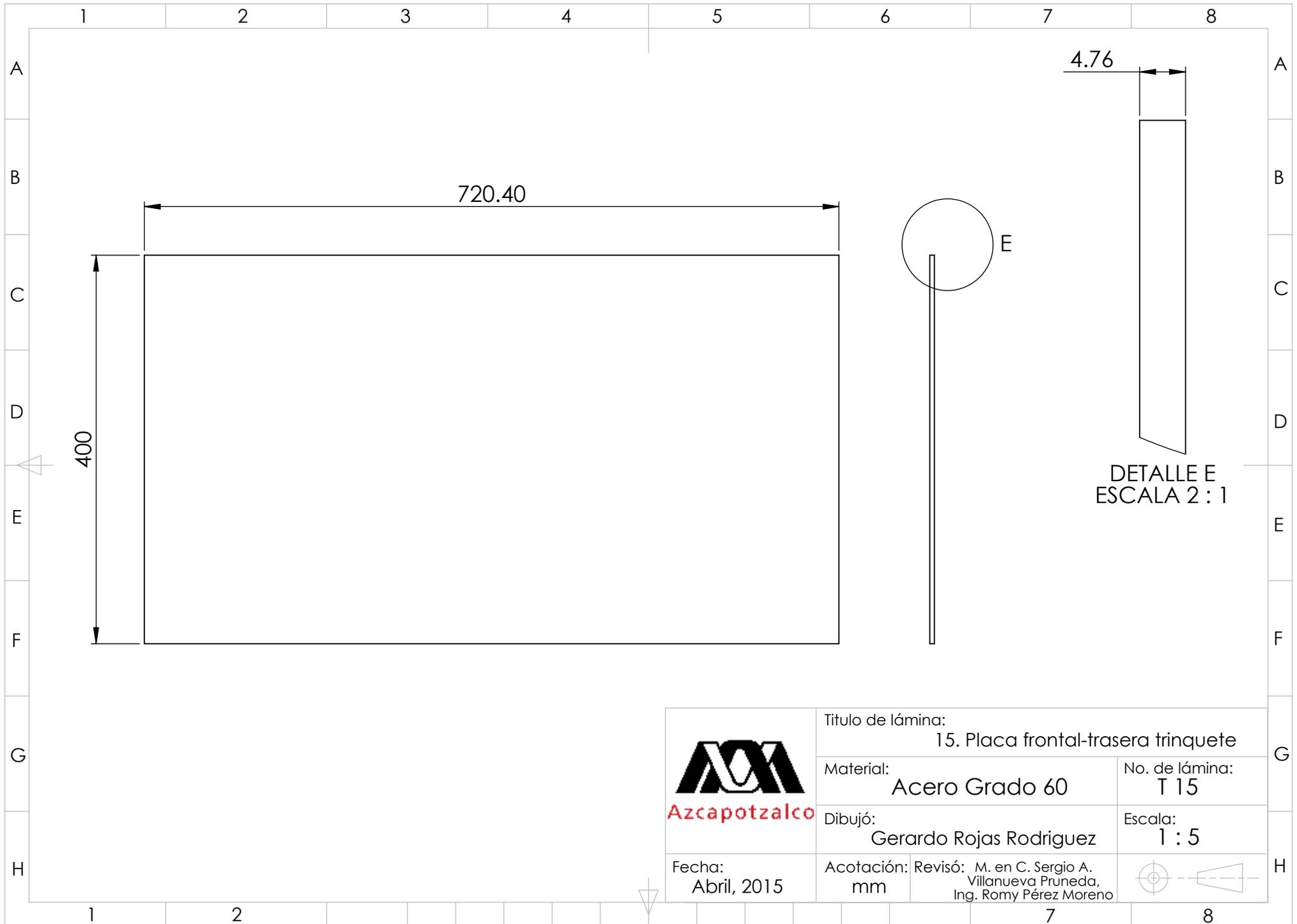
 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: 13. Tapón varilla	
	Material: ASTM A48	No. de lámina: T 13
	Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 1
	Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm      Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno





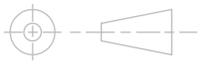
 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: 14. Placa Base Trinquete	
	Material: Acero Grado 60	No. de lámina: T 14
Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 5	
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno

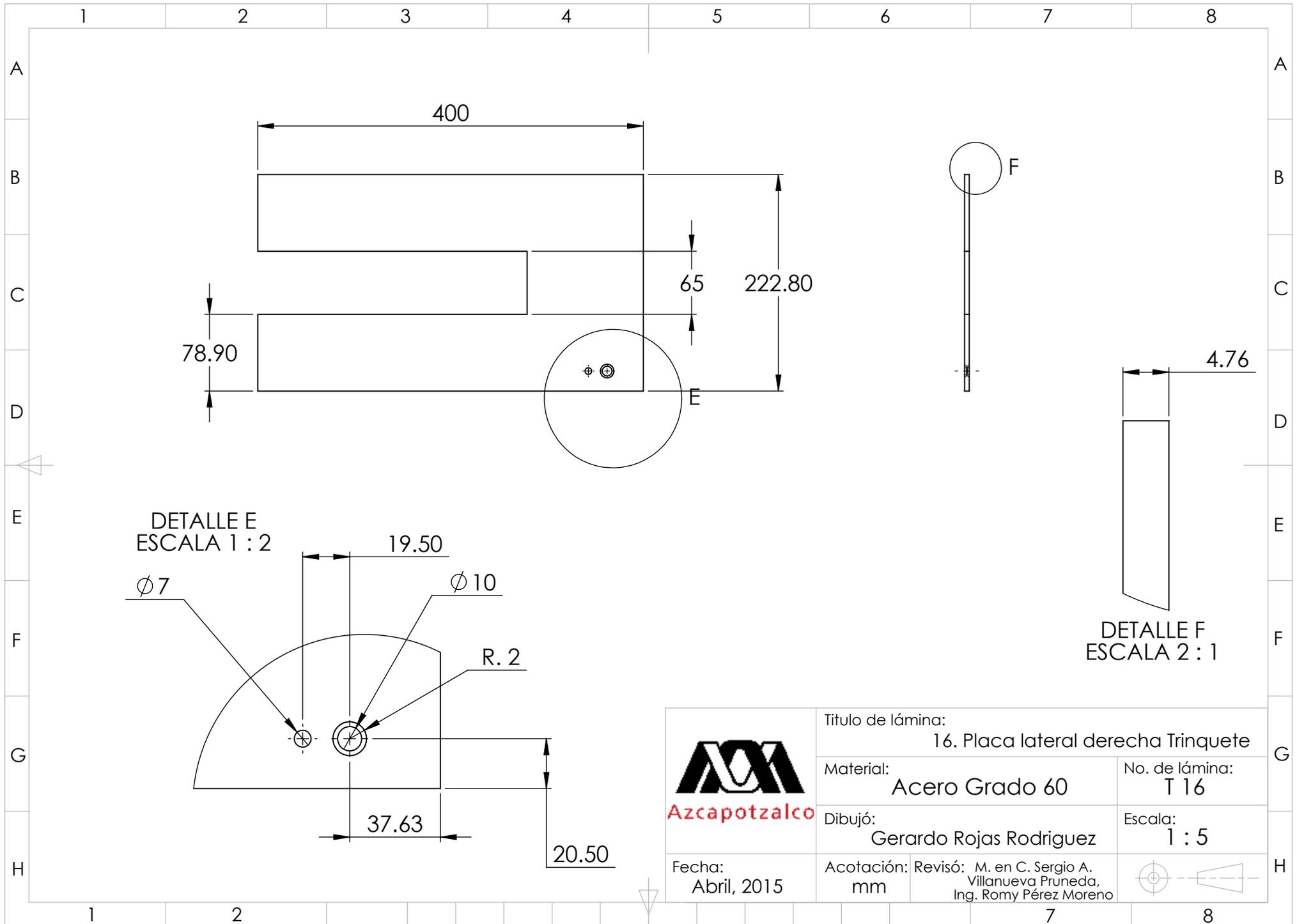




 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: 15. Placa frontal-trasera trinquete	
	Material: Acero Grado 60	No. de lámina: T 15
Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 5	
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno

DETALLE E  
ESCALA 2 : 1

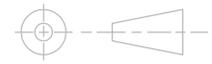


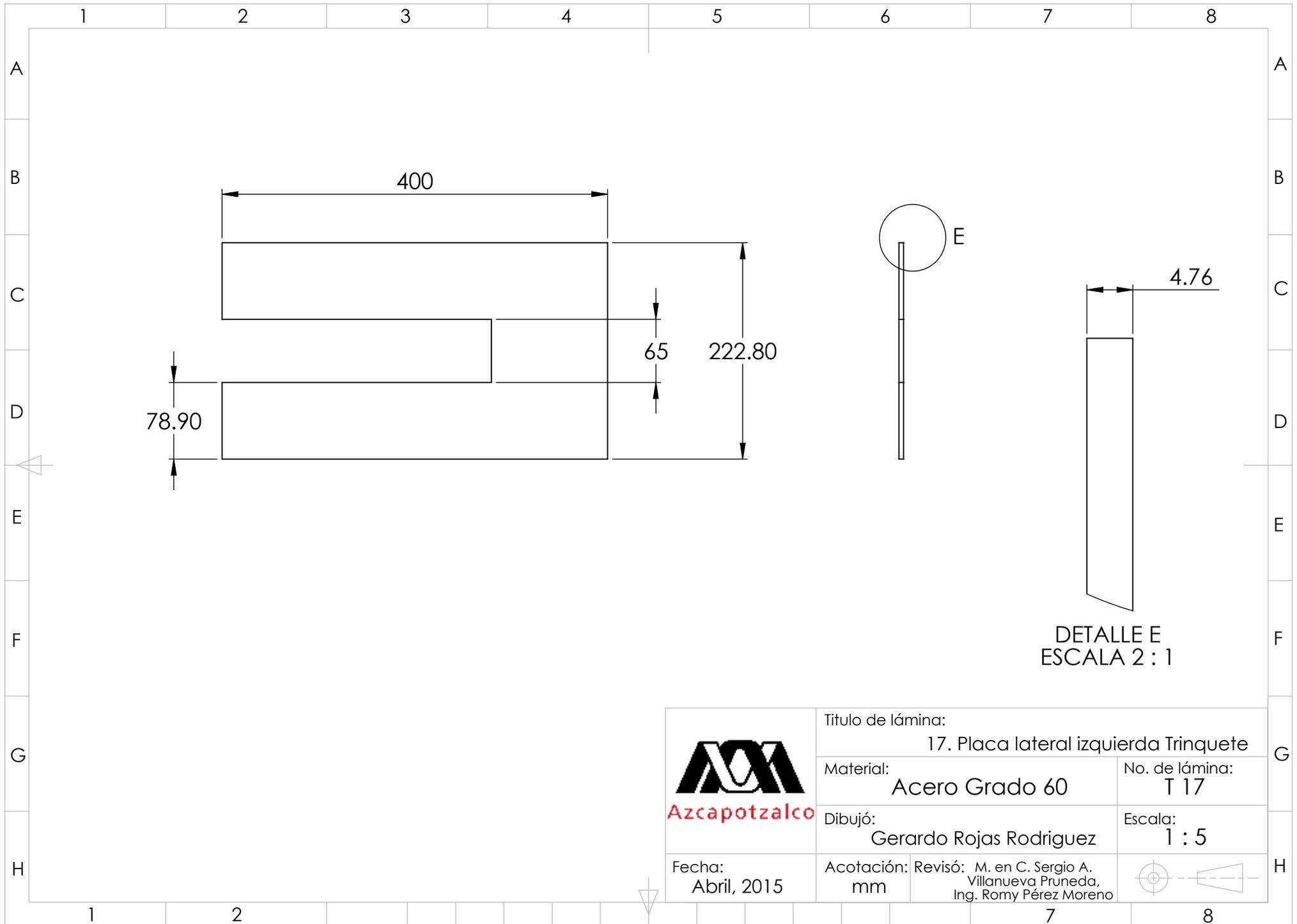


DETALLE E  
ESCALA 1 : 2

DETALLE F  
ESCALA 2 : 1

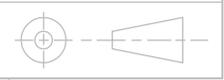
 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: 16. Placa lateral derecha Trinquete	
	Material: Acero Grado 60	No. de lámina: T 16
Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 5	
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno

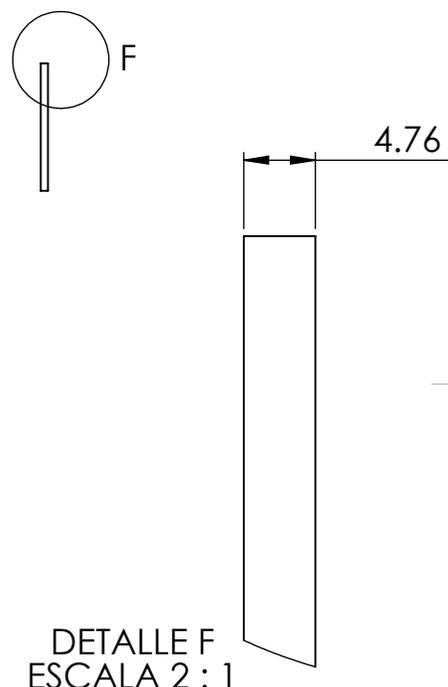
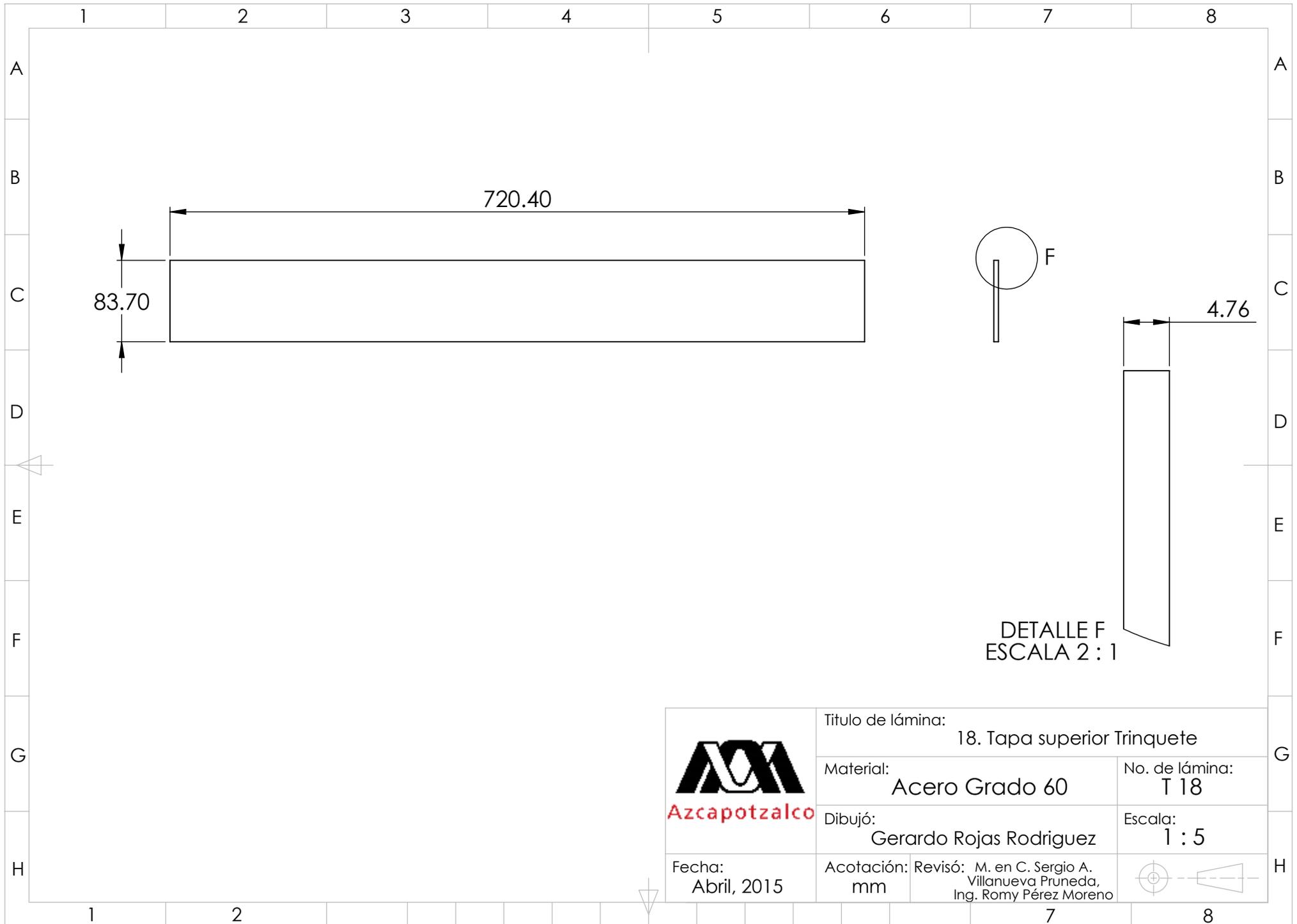




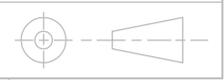
DETALLE E  
ESCALA 2 : 1

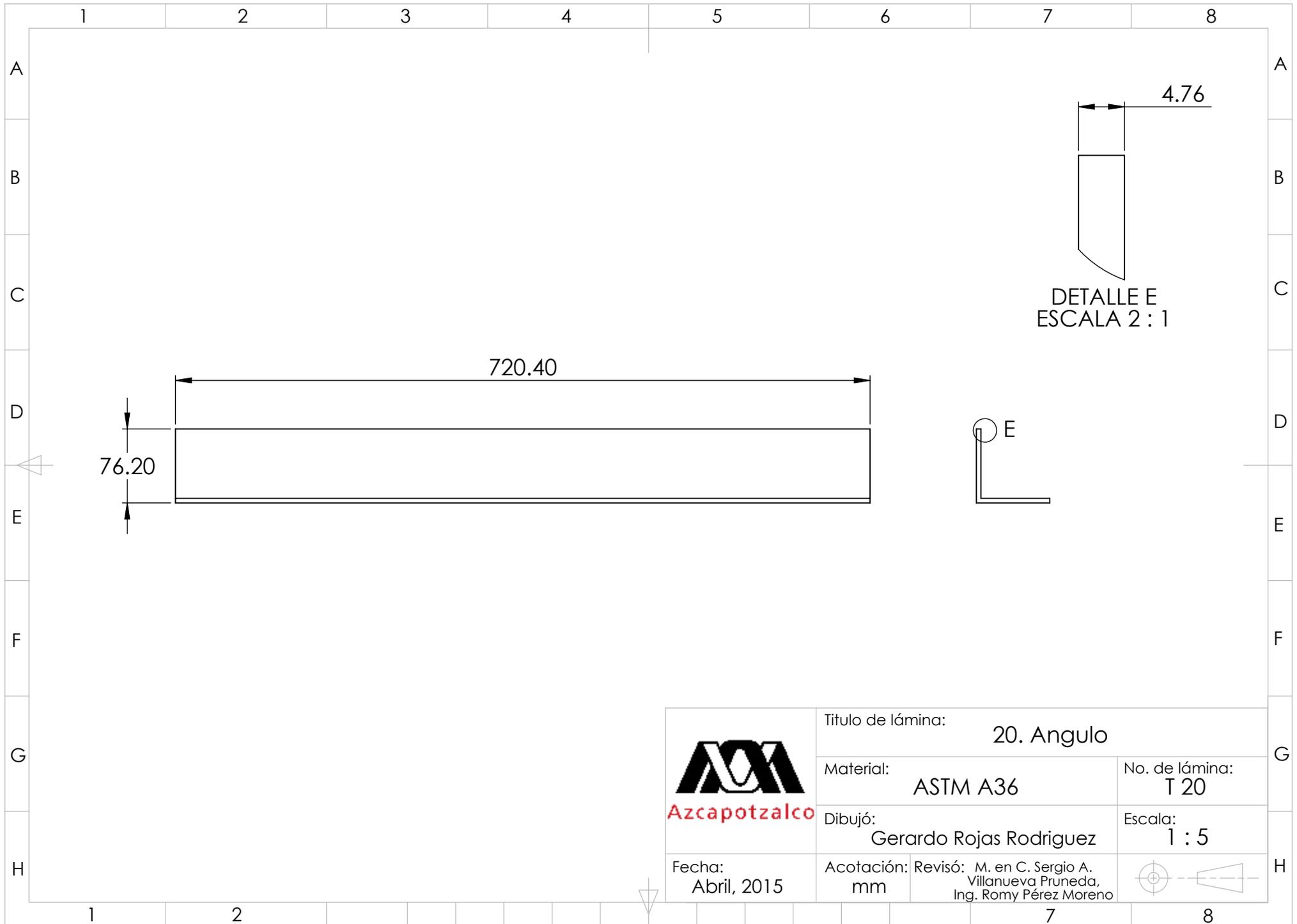
 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: 17. Placa lateral izquierda Trinquete	
	Material: Acero Grado 60	No. de lámina: T 17
Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 5	
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno





 <b>Azcapotzalco</b>	Titulo de lámina: 18. Tapa superior Trinquete	
	Material: Acero Grado 60	No. de lámina: T 18
Dibujó: Gerardo Rojas Rodriguez	Escala: 1 : 5	
Fecha: Abril, 2015	Acotación: mm	Revisó: M. en C. Sergio A. Villanueva Pruneda, Ing. Romy Pérez Moreno





#### *5.4 Simulación del funcionamiento cinemático.*

*El principal objetivo del proyecto tecnológico es el diseño de la caja contenedora de automóviles, así mismo la simulación cinemática del mecanismo de sujeción. Es por eso que se mostrara mediante un video el funcionamiento cinemático de los elementos que conforman el mecanismo de sujeción.*

*El video se incluye en el mismo CD que se entrega este trabajo bajo el nombre de:*

*TRINQUETE – GONDOLA.avi*

## **Capítulo 6. Conclusiones**

*El presente proyecto tecnológico "Contenedor de automóviles para la estructura de un estacionamiento rotatorio con sistema mecánico", se enfoca en el diseño de un contenedor de automóviles que se suma al proyecto del alumno Herrera González José Iván, "Mecanismo de transmisión para estacionamiento rotatorio de automóviles en dos niveles", ambos buscan una alternativa para solucionar la problemática de la falta de estacionamiento para automóviles.*

*El diseño del contenedor abarca el análisis estructural de los elementos que lo conforman, así mismo de elementos empleados para el diseño de un mecanismo de sujeción dentro del contenedor, del cual se obtuvo la simulación cinemática de sus elementos.*

*En un inicio para este proyecto, se determinaron las dimensiones máximas 4.9 x 2.0 x 1.7 m, que se considerarían para el diseño del contenedor de automóviles, esto debido a que ambos colaboradores tendríamos que tener presentes, para el diseño de los elementos que utilizaríamos para analizar en cada uno de los proyectos.*

*Particularmente el diseño del contenedor de automóviles comenzó con esbozos de dibujos para establecer las dimensiones de los elementos, tanto de partes como de conjuntos. En el procedimiento de los dibujos, se tomó en cuenta la gran variedad de mecanismos que existen en el mercado para elevar automóviles, desde rampas, elevadores de alineación, elevadores de 2 y 4 postes, entre otros.*

*Los elementos que conforman al contenedor, como se ha mencionado, son elementos estructurales, placas de acero, perfiles, tubos, entre otros. Los cuales se analizaron de acuerdo a los esfuerzos permisibles de cada material. Esfuerzos que son ocasionados debido al peso del automóvil y el peso de los mismos componentes estructurales. Se ha debido considerar entre todos los cálculos realizados, un factor de seguridad, el cual*

*contemple variaciones en el peso de los automóviles, de los elementos estructurales, resistencia a la fatiga y uso con el tiempo de los componentes. Por lo que se enfatiza que al comprobar que estos elementos sean los adecuados, se demuestra mediante los cálculos en resultados que pueden soportar las cargas de diseño que se han determinado.*

*El mecanismo de sujeción dentro del contenedor de automóviles, se diseñó en base a que el automóvil no tuviera movimiento alguno. Como advertencia dentro del uso de este tipo de elevadores de automóviles, es de gran cuidado tener ciertas consideraciones de uso, como es el caso de que siempre se utilice freno de mano. El método de seguridad en el diseño del mecanismo de sujeción, se realizó mediante de un trinquete, el cual permite el movimiento de unas placas de acero hacia las llantas y así sujetarlas, para restringir cualquier movimiento dentro del contenedor.*

*El proyecto del diseño de un elevador de automóvil es muy extenso, y cabe recalcar que este primer diseño, tiene un gran campo por desarrollar, como por ejemplo, el diseño de la estructura que pueda contener a más góndolas, lo que acontece que sean más automóviles los que se puedan almacenar.*

*En lo personal ha sido de gran satisfacción haber trabajado en el diseño del contenedor de automóviles, ya que la iniciativa propuesta ha sido de interés en muchos sectores y se ha desarrollado exitosamente en el sector público, cada vez con nuevas innovaciones.*

## **Referencias.**

[1] Hai Ying Li, Hua liang Wu, Xiao Hong Chen y Sheng Jian Xie, 2012, "Dynamic Analysis of Steelwork of the Small Capacity and Economic Mechanical Parking System", *Applied Mechanics and Materials*, 252, pp. 158-161.

[2] Smith, A.K., 2002, "Urban vehicles: Strategies for the outdoor parking lot", M.Arch. thesis, DalTech - Dalhousie University (Canada).

[3] EL-Sayed S. Aziz and C. Chassapis, 2005, "A decision-making framework model for design and manufacturing of mechanical transmission system development", *Engineering with Computers*, 21(2), pp. 164-176.

[4] Mishra, A.K., 2012, "Time efficiency analysis of an Automatic parking system", M.S. thesis, Department of Mechanical and Aerospace Engineering, California State University, Long Beach.

[5] Domínguez, A.N. y Quijada Camacho, F.J., 2008, "Propuesta de multi-estacionamientos privados equipados con sistema automático de elevación para automóviles, enfocado a unidades habitacionales", Ing. Control y Automatización tesis, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Instituto Politécnico Nacional, México D.F.

[6] PROMEXICO, 2012, Automotivemeetings." *Industria Automotriz en México – Un sector clave*", de <http://www.automotivemeetings.com/mexico/index.php/es/industria-automotriz-en-mexico>

[7] [http://distribucionesmejlv.com.mx/frameset.php?url=/133003\\_Productos.html](http://distribucionesmejlv.com.mx/frameset.php?url=/133003_Productos.html)

Consultada. 16/02/2015

[8] BendPak, Inc., 2010, "Bendpak", de <http://www.bendpak.com.mx/Elevadores-de-Autos/>

[9] [http://www.mexparking.mx/galeria/smart/galeria\\_smart.html](http://www.mexparking.mx/galeria/smart/galeria_smart.html)

Consultada 16/02/2015

[10] <http://www.arqhys.com/contenidos/estacionamiento-automatizado.html>

Consultada 16/02/2015

[11] <http://sistestructura6.blogspot.mx/2013/06/normas-tecnicas-complementarias-para-12.html>

Consultada 16/02/2015

[12] Mott, Robert L., 2006, *Diseño de elementos de máquina*, 4.ª ed., Prentice Hall, México, D.F.

[13] <http://www.anexoscr.com/?view=profam&code=4> Consultada 17/02/2015

[14] <https://elpibedelcounter.wordpress.com/2012/07/05/energia-hidraulica/>

Consultada 17/02/2015

[15] <http://www.cronicadelquindio.com/noticia-completa-titulo-contenedores-para-transporte-de-vehculos-seccion-automotriz-nota-25238>

Consultada 17/02/2015

[16] <http://www.mexparking.mx/descargas/SMART-PARKING-MEXICO-CYSP.pdf>

Consultada 18/02/2015

[17] AHMSA, Altos Hornos de México, "Catálogo Productos Planos Laminados en Caliente",

[http://www.ahmsa.com/Acero/Productos/Cat\\_LAM\\_CALIENTE\\_AHMSA2012.pdf](http://www.ahmsa.com/Acero/Productos/Cat_LAM_CALIENTE_AHMSA2012.pdf)

[18] IMCA, 2002, "Manual de construcción en acero", 4.ª ed., Limusa, México, D.F.

[19] AHMSA, 2013, "Manual de diseño para la construcción con acero", Monclova, Coahuila, México.

[20]

[http://www.iesmarenostrium.com/departamentos/tecnologia/mecanoso/mecanica\\_basica/mecanismos/mec\\_trinquete.htm](http://www.iesmarenostrium.com/departamentos/tecnologia/mecanoso/mecanica_basica/mecanismos/mec_trinquete.htm)

Consultada 19/02/2015

[21] CEJAROSU, 2005, MekanESO, de [http://www.iesmarenostrium.com/departamentos/tecnologia/mecanoso/mecanica\\_basica/mecanismos/mec\\_trinquete.htm](http://www.iesmarenostrium.com/departamentos/tecnologia/mecanoso/mecanica_basica/mecanismos/mec_trinquete.htm)

[22] 2015 WireCo® WorldGroup <http://www.camesawire.com/Productos/Cable-de-Acero>

[23] F. P. Beer, E. R. Johnston, J. T. DeWolf y D. F. Mazurek, 2010, *Mecánica de Materiales*, 5.ª ed., Mc Graw Hill, México, D. F.

[24] R. C. Hibbeler, 1996, *Mecánica de Materiales, segunda reimpresión, ed., Compañía editorial continental, S.A. de C.V., México D.F.*

[25] A. Pytel. y J. Kiusalaas, 2010, *Ingeniería Mecánica Estática, 3.ª ed., Cengage Learning, México D.F.*

[26] Arias Espin, W. D., 2007, "Diseño y construcción de un equipo para colado en molde permanente", *Facultad de Ingeniería Mecánica, tesis, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.*

[27] Instituto Técnico de la Estructura en Acero, Tomo 13 Diseño de uniones, [http://www.uclm.es/area/ing\\_rural/Acero/Textos/TOMO13.pdf](http://www.uclm.es/area/ing_rural/Acero/Textos/TOMO13.pdf)